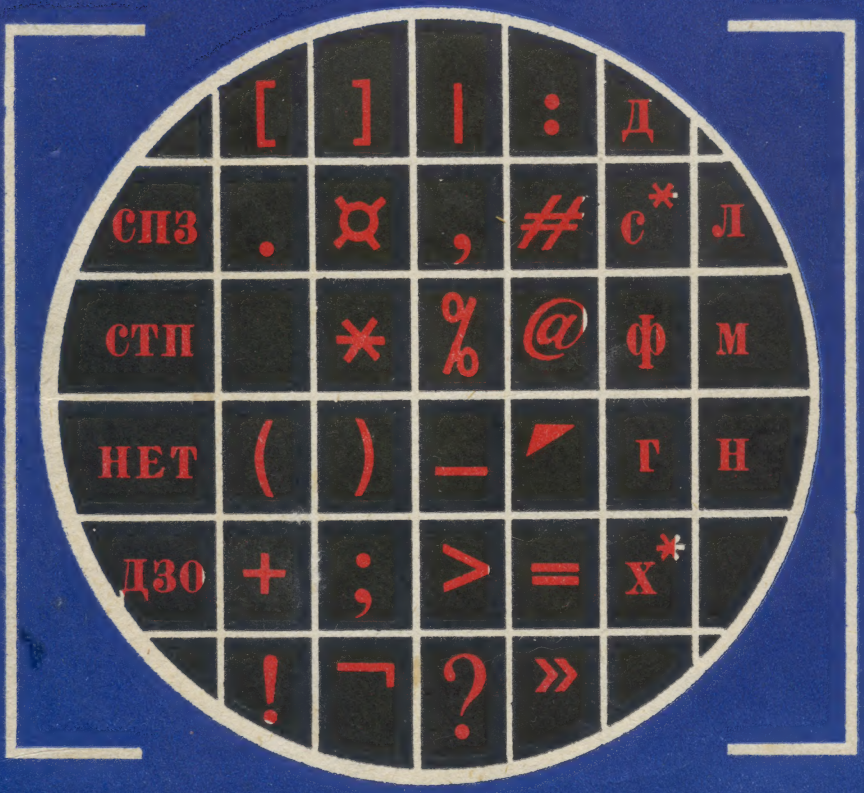
В. Ф. Зайцев

КОДИРОВАНИЕ информации в ЕС ЭВМ



В. Ф. Зайцев

КОДИРОВАНИЕ информации в ЕС ЭВМ

МОСКВА
„РАДИО И СВЯЗЬ"
1986

ББК 32.81
З-17
УДК 681.3.041

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Б. И. Белов,
д-р техн. наук Г. К. Гаврилов

Редакция литературы по кибернетике и вычислительной технике

Зайцев В. Ф.

З-17 Кодирование информации в ЕС ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1986. — 104 с.: ил.

Рассматриваются способы представления чисел в системах счисления, применяемых в ЕС ЭВМ, перевода их из одной системы счисления в другую, форматы данных и обработка их в ЭВМ. Описываются системы кодирования информации: перфокарточный код (КПК-12), семибитный код для обмена информацией (КОИ-7) и восьмибитные коды обмена и обработки информации (КОИ-8 и ДКОИ). Приводятся иллюстрации, диаграммы, таблицы и примеры, содержащие сведения, необходимые для программистов различной квалификации.

Для программистов и инженерно-технических работников — пользователей ЕС ЭВМ; полезна при обучении программированию в школах, вузах и институтах повышения квалификации.

$З\frac{2405000000-201}{046(01)-86}$ 139-86

ББК 32.81

© Издательство "Радио и связь", 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время трудно назвать отрасль народного хозяйства, в которой не применяются электронные вычислительные машины. Из средств вычислительной техники наибольшее распространение получила Единая система электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ).

Одним из важнейших вопросов вычислительной техники являются способы представления информации в ЭВМ, которые необходимо знать всем пользователям ЭВМ — программистам и инженерно-техническим работникам. Кроме знания языков программирования, программист должен уметь пользоваться системами счисления, применяемыми в ЕС ЭВМ; знать правила перевода из одной системы счисления в другую; применять системы кодирования информации; четко представлять себе логическую структуру моделей ЕС ЭВМ, т. е. состав, функционирование и взаимодействие отдельных устройств. Для программистов важно умение оперировать с данными. Под данными понимается числовая и логическая информация, которая подвергается преобразованию в процессе решения той или иной задачи.

Во время выполнения вычислительного процесса информация может находиться либо на машинных носителях (перфокартах, перфолентах, магнитных дисках и лентах, дисплеях), либо непосредственно в оперативной памяти вычислительной машины. Информационные коды и их представление в ЕС ЭВМ различаются в зависимости от машинного носителя или команд, которыми оперирует программист.

В процессе отладки программ приходится многократно сталкиваться с необходимостью преобразования и расшифровки данных, закодированных в той или иной информационной системе. Многообразие способов преобразования и кодирования информации в ЕС ЭВМ заставляет программиста обращаться к различным литературным источникам. Однако до сих пор нет пособия, в котором в логической последовательности представлены необходимые сведения по преобразованию и кодированию информации в ЕС ЭВМ.

Цель настоящей работы — восполнить этот пробел. В ней рассмотрены системы счисления, которые используются в ЕС ЭВМ, и разнообразные способы перевода из одной системы счисления в другую как целых чисел, так правильных и неправильных дробей; арифметические действия над ними; причины и признаки переполнения разрядной сетки и реакция вычислительной машины на эти признаки. Приводятся необходимые сведения о логической структуре моделей ЕС ЭВМ, принципы взаимодействия уст-

ройств, способы передачи информации между внешними носителями информации и памятью ЕС ЭВМ.

В работе рассмотрены представления данных в оперативной памяти, представление отрицательных чисел, описаны формы данных для расчетов с фиксированной и плавающей точкой, десятичных вычислений и логических преобразований. Изложены вопросы кодирования данных на машинных носителях. Даны схемы последовательности обработки чисел в форме десятичных, двоичных с фиксированной точкой и шестнадцатеричных с плавающей точкой в ЕС ЭВМ. Приведены все системы кодирования, применяемые в ЕС ЭВМ: перфокарточный код КПК-12, семибитный код обработки информации КОИ-7 и восьмибитные коды обмена и обработки информации КОИ-8 и ДКОИ.

Таким образом, настоящая работа охватывает все вопросы подготовки и преобразования информации от ввода ее в машину до вывода на внешние носители.

Работа иллюстрирована большим количеством примеров, помогающих в освоении материала; снабжена таблицами, позволяющими провести необходимые вычисления и расчеты. Приведенные в работе сводные таблицы являются полезным справочным материалом. Они нужны для определения кодов символов в различных системах кодирования.

Последовательность изложения переходит от простого представления данных в различных системах счисления к их представлению в разрядной сетке ЭВМ. То же относится к описанию арифметических действий над числовыми кодами.

В основу работы положен курс лекций, прочитанных автором в течение ряда лет в Институте повышения квалификации специалистов.

Отзывы о книге просим направлять по адресу: 101000, Москва, Почтамт, а/я 693, издательство "Радио и связь".

ГЛАВА 1. СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

1.1. ПОЗИЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЕС ЭВМ

Системой счисления (СС) называется совокупность правил наименования и записи чисел. Они подразделяются на позиционные и непозиционные.

В непозиционных системах счисления, которые появились значительно раньше позиционных, символы, обозначающие то или иное число, не меняют своего значения в зависимости от местоположения в изображении этого числа. Примером непозиционной системы счисления является римская, в которой для записи чисел используются буквы латинского алфавита. При этом буква I всегда означает единицу, буква V — пять, X — десять, L — пятьдесят, C — сто, D — пятьсот, M — тысячу и т.д. Например, число 267 записывается в виде CCLXVII.

В вычислительной технике применяются позиционные системы счисления, поэтому непозиционные СС в данной работе не рассматриваются. В каждой позиционной СС используется определенный набор символов (цифр), последовательная запись которых изображает число. Количество символов в наборе соответствует основанию системы счисления. Позиция символа в изображении числа называется разрядом. Разряду с номером 0 соответствует младший разряд целой части числа. Каждому символу соответствует определенное число, которое меньше основания системы счисления. В зависимости от позиции (разряда) числа значение символа умножается на степень основания, показатель которой равен номеру разряда.

Таким образом, целое положительное число A в позиционной СС можно представить выражением

$$A = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \ldots + a_1 p^1 + a_0 p^0 \qquad (1.1)$$

или $A = \sum_{k=0}^{n} a_k p^k$, где p — основание системы счисления, целое положительное число; a — символ (цифра); n — номер старшего разряда числа.

Обозначения цифр берут из алфавита, который содержит p символов. Каждой цифре соответствует определенный количественный эквивалент. Обозначение a_k следует понимать как цифру в k-м разряде. Всегда выполняется неравенство

$$a_k < p.$$

Запись $A_{(p)}$ указывает, что число A представлено в СС с основанием p:

$$A_{(p)} = a_n a_{n-1} \ldots a_1 a_0. \qquad (1.2)$$

Позиционные СС с общим основанием для всех разрядов числа называют однородными.

Показатели степеней основания дробной части числа изображаются отрицательными числами от -1 до $-\infty$. Смешанное число в общем виде представляет собой сумму степеней основания с соответствующими коэффициентами

$$A_p = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \ldots + a_2 p^2 + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1} p^{-1} + \ldots + a_{-m} p^{-m} \ldots \qquad (1.3)$$

или $A_p = \sum_{k=-m}^{n} a_k p^k$, где $-m$ может стремиться к $-\infty$.

В ЕС ЭВМ для представления числовой информации используются следующие системы счисления: десятичная, двоичная и шестнадцатеричная. В дальнейшем, чтобы отличить в какой СС записано число, будем указывать основание СС в виде индекса в десятичной СС, заключенного в круглые скобки. Если основание СС равно 10 или очевидно из контекста, то индекс будет опущен. Например, число 12,5 записано в десятичной СС, а число $C, 8_{(16)}$ — в шестнадцатеричной.

Количество цифр, которое требуется для изображения числа в позиционной СС, равно основанию системы p. Например, для изображения чисел в двоичной системе счисления требуются две цифры, в десятичной — десять, в шестнадцатеричной — шестнадцать цифр.

Двоичная система счисления. Имеет набор цифр $\{0,1\}$, $p = 2$. В общем виде, используя формулу (1.3), двоичное число можно представить выражением

$$A_{(2)} = a_n \cdot 2^n + a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \ldots + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0 + a_{-1} \cdot 2^{-1} + \ldots$$
$$\ldots + a_{-m} \cdot 2^{-m} + \ldots \qquad (1.4)$$

Примеры:

1. Число $1000101_{(2)}$ по формуле (1.4) можно записать следующим образом:

$$1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0.$$

2. Смешанное число 10111, 011 имеет вид:

$$1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3}.$$

В табл. 1.1 приведены целые двоичные числа и их десятичные эквиваленты в диапазоне от 0 до 15. Кроме того, полезно помнить степени двойки, приведенные в табл. 1.2. Более полная таблица степеней двойки дана в приложении (табл. П1).

Таблица 1.1

$A_{(2)}$	0	1	10	11	100	101	110	111
$A_{(10)}$	0	1	2	3	4	5	6	7

$A_{(2)}$	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
$A_{(10)}$	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица 1.2

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2^k	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096

Шестнадцатеричная система счисления. Данная СС имеет набор цифр $\{0, 1, 2, 3, \ldots, 9, A, B, C, D, E, F\}$, $p = 16$. Для изображения чисел в шестнадцатеричной СС требуются 16 цифр. Для обозначения первых десяти цифр используются цифры десятичной СС, а для изображения шести остальных — шесть заглавных (прописных) букв латинского алфавита A, B, C, D, E, F, хотя можно было бы использовать любые другие шесть знаков.

По формуле (1.3) шестнадцатеричное число можно представить так:

$$A_{(16)} = a_n \cdot 16^n + a_{n-1} \cdot 16^{n-1} + \ldots + a_1 \cdot 16 + a_0 \cdot 16^0 + a_{-1} \cdot 16^{-1} + \ldots$$
$$\ldots + a_{-m} \cdot 16^{-m} + \ldots \qquad (1.5)$$

Примеры.

1. Число $E7F8140$ по формуле (1.5) записывается следующим образом:

$$E \cdot 16^6 + 7 \cdot 16^5 + F \cdot 16^4 + 8 \cdot 16^3 + 1 \cdot 16^2 + 4 \cdot 16^1 + 0 \cdot 16^0.$$

2. Число $10_{(16)}$ имеет вид $1 \cdot 16^1 + 0 \cdot 16^0$.
3. Дробное число $0{,}ABC$ имеет вид $A \cdot 16^{-1} + B \cdot 16^{-2}\ C \cdot 16^{-3}$.

Шестнадцатеричные цифры и их десятичные эквиваленты даны в табл. 1.3. Полезно помнить некоторые степени шестнадцати: $16^2 = 256$; $16^3 = 4096$; $16^4 = 65536$; $16^5 = 1048576$. Для сравнения и дальнейшего использования десятичных, двоичных и шестнадцатеричных чисел приведена табл. 1.4.

Таблица 1.3

Шестнадцатеричные символы	0	1	2	3	4	5	6	7
Десятичные эквиваленты	0	1	2	3	4	5	6	7

Шестнадцатеричные символы	8	9	A	B	C	D	E	F
Десятичные эквиваленты	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица 1.4

Десятичная система	Двоичная система	Шестнадцатеричная система	Десятичная система	Двоичная система	Шестнадцатеричная система
0	0	0	18	10010	12
1	1	1	19	10011	13
2	10	2	20	10100	14
3	11	3	21	10101	15
4	100	4	22	10110	16
5	101	5	23	10111	17
6	110	6	24	11000	18
7	111	7	25	11001	19
8	1000	8	26	11010	1*A*
9	1001	9	27	11011	1*B*
10	1010	*A*	28	11100	1*C*
11	1011	*B*	29	11101	1*D*
12	1100	*C*	30	11110	1*E*
13	1101	*D*	31	11111	1*F*
14	1110	*E*	32	100000	20
15	1111	*F*	33	100001	21
16	10000	10	34	100010	22
17	10001	11	35	100011	23
			36	100100	24

Десятичная система счисления. Эта СС используется в нашей повседневной жизни, здесь она приводится для сравнения с другими СС. Основание системы $p = 10$, набор цифр $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$. Согласно формуле (1.3)

$$A_{(10)} = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \ldots + a_1 \cdot 10^1 + a_0 \cdot 10^0 + a_{-1} \cdot 10^{-1} + \ldots$$
$$\ldots + a_{-m} \cdot 10^{-m} + \ldots \qquad (1.6)$$

Примеры.

1. Число 121,12 по формуле (1.6) записывается так:

$$1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2}.$$

2. Число 809,103 имеет вид:

$$8 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 0 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3}.$$

3. Дробь 0,30917 принимает вид:

$$3 \cdot 10^{-1} + 0 \cdot 10^{-2} + 9 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-5}.$$

Десятичное число представляет собой сумму степеней десяти с соответствующими коэффициентами.

1.2. АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ В ПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СЧИСЛЕНИЯ

В вычислительной технике наибольшее применение имеет операция сложения. Пусть заданы два целых положительных числа в позиционной системе счисления с основанием p. Запишем эти числа в виде:

$$A = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \ldots + a_1 p + a_0, \qquad (1.7)$$

$$B = b_n p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \ldots + b_1 p^1 + b_0. \qquad (1.8)$$

Сумма этих чисел равна числу, которое может быть записано в аналогичной форме:

$$S = S_m p^m + S_{m-1} p^{m-1} + \ldots + S_1 p^1 + S_0. \qquad (1.9)$$

Вычисления выполняются по следующим правилам:

операция сложения выполняется поразрядно, начиная с младших разрядов в слагаемых;

в каждом одноименном разряде слагаемых суммируются соответствующие цифры и перенос из предыдущего разряда суммы;

если сумма цифр одноименных разрядов слагаемых и переноса меньше основания системы, то перенос в следующий разряд равен нулю, если равна или больше — то перенос равен единице.

Правила сложения в одном разряде поясняются рис. 1.1. Здесь C_k означает перенос из K-го разряда в $(K + 1)$-й и определяется неравенствами:

$$C_k = 0 \text{ при } a_k + b_k + c_{k-1} < p,$$
$$C_k = 1 \text{ при } a_k + b_k + c_{k-1} \geqslant p. \qquad (1.10)$$

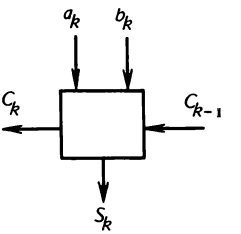


Рис. 1.1. Правила сложения в одном разряде

Цифры суммы могут быть определены только последовательно, начиная с младших разрядов. Это имеет принципиальное значение, так как в соответствующих суммирующих схемах вычислительной машины операции суммирования также должны выполняться последовательно, а это существенно увеличивает время вычисления суммы.

Арифметические операции над числами в двоичной системе счисления. Рассмотрим правила выполнения арифметических операций над одноразрядными числами. Представим их в виде таблиц (рис. 1.2, 1.3, 1.4).

Правило сложения

0 + 0 = 0,
0 + 1 = 1,
1 + 0 = 1,
1 + 1 = 10.

+	0	1
0	0	1
1	1	10

Рис. 1.2. Таблица сложения

Правило вычитания

$0 - 0 = 0,$
$1 - 0 = 1,$
$1 - 1 = 0,$
$0 - 1 = -1.$

—	0	1
0	0	1
1	−1	0

Рис. 1.3. Таблица вычитания

Правило умножения

$0 \times 0 = 0,$
$0 \times 1 = 0,$
$1 \times 0 = 0,$
$1 \times 1 = 1.$

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Рис. 1.4. Таблица умножения

Рассмотрим несколько примеров выполнения арифметических действий над многоразрядными числами в двоичной СС.

Примеры. 1. Сложить два числа $1010_{(2)}$ и $10101_{(2)}$:

$$\begin{array}{r} +\ 1010 \\ 10101 \\ \hline 11111 \end{array}$$

Учитывая, что $1010_{(2)} = 10_{(10)}$ и $10101_{(2)} = 21_{(10)}$ в десятичной СС: $10 + 21 = 31$. Действительно согласно формуле (1.3)

$$11111_{(2)} = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 31_{(10)}.$$

2. Вычесть два числа $10101_{(2)}$ и $1010_{(2)}$:

$$\begin{array}{r} -\ 10101 \\ 1010 \\ \hline 1011 \end{array}$$

Проведем проверку $10101_{(2)} = 21_{(10)}$ и $1010_{(2)} = 10_{(10)}$. Соответственно в десятичной СС: $21 - 10 = 11$. Действительно $1011_{(2)} = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11_{(10)}$.

3. Умножить два числа $10111.01_{(2)}$ и $10.11_{(2)}$:

$$\begin{array}{r} \times\ 10111.01 \\ 10.11 \\ \hline 10111\ 01 \\ 101110\ 1 \\ 1011101 \\ \hline 111111.1111 \end{array}$$

Проведем проверку $10111.01_{(2)} = 23{,}25_{(10)}$ и $10{,}11_{(2)} = 2{,}75_{(10)}$. Соответственно $23{,}25 \times 2{,}75 = 63{,}9375$. Действительно $111111{,}1111 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4}$.

4. Разделить число $110101110_{(2)}$ на $1010_{(2)}$:

```
 110101110        |1010
 1010             |------
 ---------        |101011
 1101
 1010
 ----
  1111
  1010
  ----
   1010
   1010
   ----
   0000
```

Проведем проверку: $110101110_{(2)} = 430_{(10)}$ и $1010_{(2)} = 10_{(10)}$. Соответственно 430 : 10 = 43. Действительно $101011 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 43$.

Арифметические операции над числами в шестнадцатеричной системе счисления. Выполняются по тем же правилам (перенос в старший разряд и т. п.), что и над числами в десятичной и двоичной СС. На практике программисту иногда приходится выполнять вычисления непосредственно в шестнадцатеричной СС. Приведем таблицы сложения, вычитания и умножения одноразрядных шестнадцатеричных чисел (табл. 1.5 — 1.7 соответственно).

Таблица 1.5

+	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10
2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11
3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12
4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13
5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14
6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15
7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16
8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17
9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	*C*	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1*A*
C	*D*	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1*A*	1*B*
D	*E*	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1*A*	1*B*	1*C*
E	*F*	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1*A*	1*B*	1*C*	1*D*
F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1*A*	1*B*	1*C*	1*D*	1*E*

Таблица 1.6

–	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*
3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*
4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*
5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*
6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7
9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6
A	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5
B	–*A*	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4
C	–*B*	–*A*	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3
D	–*C*	–*B*	–*A*	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2
E	–*D*	–*C*	–*B*	–*A*	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1
F	–*E*	–*D*	–*C*	–*B*	–*A*	–9	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0

Таблица 1.7

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
2	2	4	6	8	*A*	*C*	*E*	10	12	14	16	18	1*A*	1*C*	1*E*
3	3	6	9	*C*	*F*	12	15	18	1*B*	1*E*	21	24	27	2*A*	2*D*
4	4	8	*C*	10	14	18	1*C*	20	24	28	2*C*	30	34	38	3*C*
5	5	*A*	*F*	14	19	1*E*	23	28	2*D*	32	37	3*C*	41	46	4*B*
6	6	*C*	12	18	1*E*	24	2*A*	30	36	3*C*	42	48	4*E*	54	5*A*
7	7	*E*	15	1*C*	23	2*A*	31	38	3*F*	46	4*D*	54	5*B*	62	69
8	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	9	12	1*B*	24	2*D*	36	3*F*	48	51	5*A*	63	6*C*	75	7*E*	87
A	*A*	14	1*E*	28	32	3*C*	46	50	5*A*	64	6*E*	78	82	8*C*	96
B	*B*	16	21	2*C*	37	42	4*D*	58	63	6*E*	79	84	8*F*	9*A*	*A*5
C	*C*	18	24	30	3*C*	48	54	60	6*C*	78	84	90	9*C*	*A*8	*B*4
D	*D*	1*A*	27	34	41	4*E*	5*B*	68	75	82	8*F*	9*C*	*A*9	*B*6	*C*3
E	*E*	1*C*	2*A*	38	46	54	62	70	7*E*	8*C*	9*A*	*A*8	*B*6	*C*4	*D*2
F	*F*	1*E*	2*D*	3*C*	4*B*	5*A*	69	78	87	96	*A*5	*B*4	*C*3	*D*2	*E*1

Приемы вычислений по этим таблицам иллюстрируются следующими примерами:

Пример

а) $E + C = 1A$; б) $12 + 13 = 25$;

в) $AB - C = A[B - C] = [A - 1]\ [10 + B - C] = 9F$;

г) $AB - 2A = [A - 2]\ [B - A] = 81$;

д) $CD \times 5 = [D \times 5]\ [C0 \times 5] = [41 + 3C0] = 401$.

Здесь квадратными скобками отделяются разряды шестнадцатеричных чисел.

1.3. ПЕРЕВОД ЦЕЛЫХ И ДРОБНЫХ ЧИСЕЛ ИЗ ОДНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ В ДРУГУЮ

В процессе тестирования и отладки программ программисту часто требуется перевести число из одной системы счисления в другую. Рассмотрим сначала перевод целых чисел в удобную систему счисления. Для человека такой системой счисления является привычная для него десятичная СС, а для машины — двоичная.

Для перевода чисел из любой позиционной СС в десятичную можно воспользоваться выражением (1.1). Сначала в десятичную СС переводится основание той системы, из которой осуществляется перевод, а затем цифры исходного числа a_k. Результаты подставляются в выражение (1.1). Полученная сумма дает искомый результат. Этот способ называется алгоритмом замещения.

Пример. Перевести в десятичную СС числа $C7_{(16)}$ и $1010_{(2)}$:
а) $C7_{(16)} = 12 \cdot 16^1 + 7 \cdot 16^0 = 192 + 7 = 199_{(10)}$;
б) $1010_{(2)} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^1 = 8 + 2 = 10_{(10)}$.

Рассмотрим теперь случай перевода в неудобную СС, когда все необходимые действия должны проводиться в старой системе счисления.

Пусть заданное число A в новой СС представляется выражением:

$$A = a_n p^n + \ldots + a_1 p + a_0. \qquad (1.11)$$

Это выражение можно переписать в следующем виде:

$$A = (a_n p^{n-1} + \ldots + a_2 p + a_1)\ p + a_0.$$

Введем обозначение $q_0 = a_n p^{n-1} + \ldots + a_2 p + a_1$. Тогда (1.11) принимает вид:

$$A = q_0 p + a_0.$$

Учитывая, что $q_0 p$ делится на p и всегда $a_0 < p$, числа q_0 и a_0 могут быть определены как результат целочисленного деления A/p. При этом q_0 представляет частное, а a_0 — остаток:

$$A/p = q_0 + a_0/p. \qquad (1.12)$$

Аналогично, основываясь на значении q_0, определим значение q_1 и цифру a_1:

$$q_0 = q_1 p + a_1;\ q_0/p = q_1 + a_1/p. \qquad (1.13)$$

Действия продолжают, пока частное не обратится в нуль. Следовательно, вычисления сводятся к последовательному целочисленному делению заданного числа на основание новой системы счисления.

Алгоритм перевода можно записать в виде следующей последовательности шагов:

1. Разделить в целых числах заданное число A на основание p в той системе, из которой переводят, и запомнить частное q и остаток a.

2. Если частное не равно нулю, то принять его за новое число и вернуться к шагу 1.

3. Если частное равно нулю, действия прекратить. Выписать остатки в порядке, обратном их получению, и принять их за цифры искомого числа $a_n a_{n-1} \ldots a_1 a_0$. Арифметические действия по данному алгоритму производят в той системе счисления, из которой число переводят.

Вычисления удобно проводить в форме, которая ясна из следующих примеров.

Примеры.

1. Перевести число $25_{(10)}$ в двоичную систему счисления:

$$\begin{array}{r|l}
-25 & 2 \\ \cline{2-2}
\underline{24} & -12 \quad 2 \\ \cline{2-2}
1 & \underline{12} \quad -6 \quad 2 \\ \cline{2-2}
 & 0 \quad \underline{6} \quad -3 \quad 2 \\ \cline{3-3}
 & \qquad 0 \quad \underline{2} \quad 1 \\ \cline{4-4}
 & \qquad\qquad 1
\end{array}$$

Итак, $25_{(10)} = 11001_{(2)}$.

2. Перевести число $83_{(10)}$ в двоичную СС по алгоритму (1.12), (1.13), а полученный результат в десятичную СС по алгоритму замещения (см. § 1.1):

а)
$$\begin{array}{r|l}
-83 & 2 \\ \cline{2-2}
\underline{82} & -41 \quad 2 \\ \cline{2-2}
1 & \underline{40} \quad -20 \quad 2 \\ \cline{2-2}
 & 1 \quad \underline{20} \quad -10 \quad 2 \\ \cline{3-3}
 & \qquad 0 \quad \underline{10} \quad -5 \quad 2 \\ \cline{4-4}
 & \qquad\qquad 0 \quad \underline{4} \quad -2 \quad 2 \\ \cline{5-5}
 & \qquad\qquad\qquad 1 \quad \underline{2} \quad 1 \\ \cline{6-6}
 & \qquad\qquad\qquad\qquad 0
\end{array}$$

Итак, $83_{(10)} = 1010011_{(2)}$;

б) $1010011_{(2)} = 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 83_{(10)}$.
Итак, $1010011_{(2)} = 83_{(10)}$.

При взаимном переводе чисел в двоичной и десятичной СС может оказать помощь табл. 1.8. Приведем примеры.

Примеры.

1. Дано число $A_{(2)} = 10100_{(2)}$. По табл. 1.8 находим десятичные эквиваленты, соответствующие разрядам $A_{(2)}$, равным единице, и складываем их: 16 + 4 = 20, т.е. $A_{(10)} = 20$.

2. Дано число $A_{(10)} = 20_{(10)}$. Во второй строке табл. 1.8 находим максимальное число, не превышающее 20. Это число 16, ставим под ним единицу. Следующему разряду

Таблица 1.8

$A_{(10)}$	$A_{(2)}$	Номер разряда						
		6	5	4	3	2	1	2
		Вес разряда						
		64	32	16	8	4	2	1
31	11111	0	0	1	1	1	1	1
20	10100	0	0	1	0	1	0	0
41	101001	0	1	0	1	0	0	1
100	1100100	1	1	0	0	1	0	0

искомого числа соответствует эквивалент, равный 8, однако сумма 16 + 8 превышает 20. Следовательно, этот разряд равен нулю. Следующему разряду искомого числа соответствует эквивалент, равный 4. Сумма 16 + 4 равна искомому числу. Следовательно, этот разряд равен единице, остальные — нулю. Искомое число $10100_{(2)}$.

В некоторых частных случаях для перевода из одной системы счисления в другую можно воспользоваться выражениями:

$$2^m = 1\underbrace{0\ 0\ 0\ \ldots\ 0}_{m};\quad 2^m - 1 = \underbrace{1\ 1\ 1\ \ldots\ 1}_{m}. \qquad (1.14)$$

Методика упрощенного перевода ясна из следующих примеров.

Примеры.

1. Перевести в двоичную систему счисления приведенные ниже десятичные числа, пользуясь упрощенным способом:

а) $65_{(10)} = 64 + 1 = 2^6 + 1 = 1000000_{(2)} + 1_{(2)} = 1000001_{(2)}$;

б) $1030_{(10)} = 1024 + 6 = 2^{10} + 6 = 10000000000_{(2)} + 110_{(2)} = 10000000110_{(2)}$;

в) $31_{(10)} = 32 - 1 = 2^5 - 1 = 11111_{(2)}$.

2. Перевести двоичные числа в десятичную СС, применяя упрощенный способ:

а) $111011_{(2)} = 111111_{(2)} - 100_{(2)} = 2^6 - 1 - 2^2 = 64 - 1 - 4 = 59_{(10)}$;

б) $1011111_{(2)} = 1111111_{(2)} - 100000_{(2)} = 2^7 - 1 - 2^5 = 128 - 1 - 32 = 95_{(10)}$.

Можно также использовать следующую упрощенную форму записи вычислений: деля последовательно на основание системы p заданное число A, в левом столбце записывается частное от деления, а в правом — соответствующий остаток.

1. $A = 32, p = 2$

32	0
16	0
8	0
4	0
2	0
1	1

$32_{(10)} = 100000_{(2)}$

2. $A = 71, p = 2$

71	1
35	1
17	1
8	0
4	0
2	0
1	1

$71_{(10)} = 1000111_{(2)}$

Рассмотрим примеры перевода чисел из десятичной СС в шестнадцатеричную с помощью алгоритма, приведенного в § 1.1, а полученного результата — снова в десятичную СС с помощью алгоритма замещения (1.3).

Примеры.

1. а)

```
 191 | 16
-16  |---
 ---  11
 31
-16
 ---
 15
```

Заменяем $11_{(10)}$ на $B_{(16)}$, а $15_{(10)}$ на $F_{(16)}$. Итак, $191_{(10)} = BF_{(16)}$.

б) $BF_{(16)} = (B \cdot 16^1 + F \cdot 16^0) = (11 \cdot 16 + 15 \cdot 1) = (176 + 15) = 191$.

2. а)

```
 1723 | 16
-16   |-----
 ---   107 | 16
 123  -96  |-----
-112   96    6
 ---   11
  11
```

Итак, $1723 = 6BB_{(16)}$;

б) $6BB_{(16)} = (6 \cdot 16^2 + B \cdot 16^1 + B \cdot 16^0) = (1536 + 176 + 11) = 1723$.

3. а)

```
 67345 | 16
-64    |-------
 ----   4209 | 16
  33   -32   |-------
 -32    ---   263 | 16
  ---   100   -16   |-------
  145  -96     ---  -16 | 16
 -144   ---    103   ---  |-----
  ---   49    -96    16    1
    1  -48     ---   ---
        ---      7     0
         1
```

Итак, $67345 = 10701_{(16)}$;

б) $10701_{(16)} = (1 \cdot 16^4 + 0 \cdot 16^3 + 7 \cdot 16^2 + 0 \cdot 1^7 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0) = (65536 + 1792 + 16 + 1) = 67345$.

4. а)

```
 32767 | 16
-32    |-------
 ----   2047 | 16
  76   -16   |-------
 -64    ---   127 | 16
  ---   44    -112   |-----
  127  -32     ---    7
 -112   ---    15
  ---   127
   15  -112
        ---
         15
```

Итак, $32767 = 7FFF_{(16)}$;

б) $7FFF_{(16)} = 7 \cdot 16^3 + F \cdot 16^2 + F \cdot 16^1 + F \cdot 16^0 = 28672 + 3840 + 240 + 15 = 32767_{(10)}$.

При переводе шестнадцатеричных чисел в десятичную СС можно воспользоваться таблицей чисел вида $a \cdot 16^k$, помещенных в табл. 1.9.

Таблица 1.9

$a_{(16)}$	$a \cdot 16^4$	$a \cdot 16^3$	$a \cdot 16^2$	$a \cdot 16$	a
1	65536	4096	256	16	1
2	131072	8192	512	32	2
3	196608	12288	168	48	3

$a_{(16)}$	$a \cdot 16^4$	$a \cdot 16^3$	$a \cdot 16^2$	$a \cdot 16$	a
4	262144	16384	1024	64	4
5	327680	80480	1280	80	5
6	393216	24576	1536	96	6
7	458752	28672	1792	112	7
8	524288	32768	2048	128	8
9	589824	36864	2304	144	9
A	655360	40960	2560	160	10
B	720896	45056	2816	176	11
C	786432	49152	3072	192	12
D	851968	53248	3328	208	13
E	917504	57344	3584	224	14
F	983040	61440	3840	240	15

Примеры.

1. Перевести заданные шестнадцатеричные числа в десятичную СС. Обычный способ перевода по алгоритму замещения (см. § 1.1) :

а) $1A2_{(16)} = 1 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16^1 + 2 \cdot 16^0 = 256 + 160 + 2 = 418_{(10)}$;

б) $CA00_{(16)} = 12 \cdot 16^3 + 10 \cdot 16^2 = 49152 + 2560 = 51712_{(10)}$.

Техника перевода с помощью табл. 1.9 ясна из следующего примера.

2. С помощью табл. 1.9 перевести данные числа из десятичной СС в шестнадцатеричную:

а) $A_{(10)} = 20000$, записать $A_{(16)}$

20000
16384 ⟶ 4
3616
3584 ⟶ E
32
32 ⟶ 2
0

Итак, $20000_{(10)} = 4E20_{(16)}$.

б) $A_{(10)} = 49164_{(10)}$, записать $A_{(16)}$

49164
49152 ⟶ C
12
0 ⟶ 0
12
0 ⟶ 0
12
12 ⟶ C
0

Итак, $49164_{(10)} = C00C_{(16)}$.

Таблицы взаимного перевода чисел, представленных в десятичной и шестнадцатеричной СС, помещены в табл. П2 приложения.

Рассмотрим алгоритм преобразования чисел, который удобен для устных расчетов и достаточно эффективен при наличии таблиц степеней основания системы, в которую осуществляется перевод. Цифры искомого числа определяются, начиная со старших разрядов, что снижает вероятность появления ошибки при переводе.

Пусть число A по-прежнему задано в удобной системе счисления. Нужно найти его представление в новой СС в формуле (1.1). Введем обозначение для укороченного числа, в котором сохраняются $m + 1$ младших разрядов:

$$A_m = a_m p^m + a_{m-1} p^{m-1} + \ldots + a_1 p + a_0. \qquad (1.15)$$

Тогда выражение для заданного числа в новой СС можно записать в виде:

$$A = a_n p^n + A_{n-1}. \qquad (1.16)$$

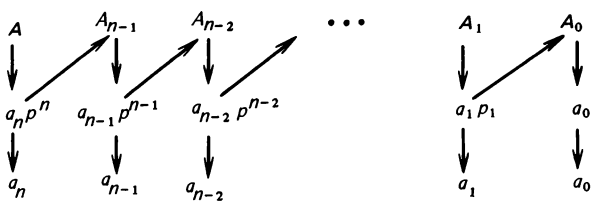
Располагая таблицей чисел вида ap^k, можно однозначно по заданному A определить член $a_n p^n$ как наибольшее число из таблицы, удовлетворяющее неравенству:

$$a_n p^n \leqslant A. \qquad (1.17)$$

При этом получаем цифру старшего разряда числа a_n в новой СС.

Рассматривая теперь A_{n-1} как новое число и производя аналогичные действия, получим следующую цифру a_{n-1} и значение укороченного числа A_{n-2}. Продолжая указанные вычисления, получим все разряды искомого числа, начиная со старшего.

Последовательность вычислений можно представить следующей схемой:



Рассмотрим примеры перевода чисел с использованием вышеописанного алгоритма.

Примеры.

1. Перевести число $65_{(10)}$ в двоичную систему счисления:

$$65_{(10)} = 64 + 1 = 2^6 + 1 = 1000001_{(2)}.$$

2. Перевести число $31_{(10)}$ в двоичную СС:

$$31_{(10)} = 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 11111_{(2)}.$$

Перевод правильных дробей. Перевод в десятичную СС можно выполнить с помощью описанного ранее алгоритма замещения (1.3).

Примеры.

1. Перевести в десятичную СС число $0{,}1101_{(2)}$:

$$0{,}1101_{(2)} = \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} = 0{,}5 + 0{,}25 + 0{,}0625 = 0{,}8125_{(10)}.$$

2. Перевести в десятичную СС число $0{,}71_{(16)}$:

$$0{,}71_{(16)} = \frac{7}{16^1} + \frac{1}{16^2} = \frac{113}{256} = 0{,}4414_{(10)}.$$

Рассмотрим способы перевода десятичных дробей в другую СС. Пусть в десятичной системе счисления задана дробь A и ее нужно перевести в СС с основанием p. Это значит, что требуется определить коэффициенты в выражении:

$$A = \frac{a_{-1}}{p} + \frac{a_{-2}}{p^2} + \ldots \qquad (1.18)$$

Дробь в новой СС может быть как конечной, так и бесконечной. Умножим заданную дробь A на основание новой системы счисления p. Число целых единиц в полученном результате равно коэффициенту, так как из (1.18) следует соотношение:

$$pA = a_{-1} + \frac{a_{-2}}{p} + \frac{a_{-3}}{p^2} + \ldots$$

Выделив дробную часть в числе pA и снова умножив ее на основание p, получим коэффициент a_{-2} как целую часть результата умножения. Продолжая этот процесс, мы последовательно вычислим цифры искомой дроби. Процесс прекращается при получении достаточной точности.

Алгоритм перевода десятичных дробей в другую систему счисления можно описать в виде следующей последовательности шагов:

1) умножить исходную дробь на основание p в исходной удобной системе счисления;

2) выделить из полученного результата целую часть и принять ее за цифру очередного разряда искомой дроби;

3) если достигнута необходимая точность, то дальнейшие действия прекратить. В противном случае из последнего результата умножения выделить дробную часть, принять ее за исходное число и перейти к шагу 1.

Искомая дробь в новой системе запишется в виде последовательности целых частей полученных произведений, начиная с первого.

Приведенный алгоритм можно записать формальной схемой. Введем обозначения для двух операций: $[A]_ц$ — выделение целой части числа A; $[A]_д$ — выделение дробной части числа A.

Пользуясь этими обозначениями, алгоритм перевода дробей в новую систему счисления СС можно записать в виде последовательности операций:

$$\begin{aligned} a_{-1} &= [pA]_ц, \\ a_{-2} &= [p\,[pA]_д]_ц, \\ a_{-3} &= p\,[p\,[pA]_д]_д]_ц, \\ &\ldots \end{aligned} \qquad (1.19)$$

Рассмотрим примеры перевода дробей из одной СС в другую с помощью вышеописанного алгоритма, а полученный алгоритм в исходную СС с помощью алгоритма замещения.

Примеры.

1. а) Перевести в двоичную СС дробь $0{,}3125_{(10)}$:

$$\begin{array}{r|l} & 0{,}3125 \\ & \quad\;\; 2 \\ \hline 0 & 6250 \\ & \quad\;\; 2 \\ \hline 1 & 2500 \\ & \quad\;\; 2 \\ \hline 0 & 5000 \\ & \quad\;\; 2 \\ \hline 1 & 0000 \end{array}$$

Итак, $0{,}3125_{(10)} = 0{,}0101_{(2)}$.

б) Перевести в десятичную СС двоичную дробь $0{,}0101_{(2)}$:

$$0{,}0101_{(2)} = 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^{-2} + 0 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{5}{16}\right) = 0{,}3125_{(10)}.$$

2. а) Перевести в двоичную СС дробь $0{,}12_{(10)}$:

$$\begin{array}{r|l} 0, & 12 \\ \hline 0 & 24 \\ 0 & 48 \\ 0 & 96 \\ 1 & 92 \\ 1 & 84 \\ 1 & 68 \\ 1 & 36 \\ \ldots & \ldots \end{array}$$

Итак, $0{,}12_{(10)} = 0{,}000111\ldots_{(2)}$.

б) Перевести в десятичную СС дробь $0{,}000111\ldots_{(2)}$:

$$0{,}0001111\ldots_{(2)} = 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 0 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} + 1 \cdot 2^{-5} + 1 \cdot 2^{-6} + 1 \cdot 2^{-7} =$$

$$= \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^5} + \frac{1}{2^6} + \frac{1}{2^7} + \ldots + = 0{,}1172.$$

В вычислениях двоичных дробей может пригодиться табл. 1.10.

Таблица 1.10

k	1	2	3	4	5	6	7
2^{-k}	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,03125	0,015625	0,0078125

Примеры.

1. а) $0{,}0101_{(2)} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} = 0{,}25 + 0{,}0625 = 0{,}3125_{(10)}$.

б) $0{,}10001_{(2)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^5} = 0{,}5 + 0{,}03125 = 0{,}53125$.

Шестнадцатеричные дроби представляются в виде выражения:

$$A_{(16)} = \frac{a_{-1}}{16} + \frac{a_{-2}}{16^2} + \frac{a_{-3}}{16^3} + \ldots \qquad (1.20)$$

2. Записать шестнадцатеричные дроби в соответствии с выражением (1.20) :

а) $0{,}6A7_{(16)} = \frac{6}{16} + \frac{A}{16^2} + \frac{7}{16^3}$; б) $0{,}CB_{(16)} = \frac{C}{16} + \frac{B}{16^2}$.

Перевод неправильных дробей. Выполняют отдельно для каждой из частей по описанным правилам.

Примеры.

1. Перевести в двоичную СС число $64{,}45_{(10)}$:

$$64{,}45_{(10)} = 64 + 0{,}45.$$

Перевод целой части (число 64) :

64	2						
64	32	2					
0	32	16	2				
	0	16	8	2			
		0	8	4	2		
			0	4	2	2	
				0	2	1	
					0		

Итак, $64_{(10)} = 1000000_{(2)}$.

Перевод дробной части (число 0,45) :

0,	45
0	90
1	80
1	60
1	20
0	40
0	80
1	60

Итак, $0{,}45 = 0{,}0111001\ldots_{(2)}$.

Таким образом, $64{,}45_{(10)} = 1000000{,}0111001\ldots$

2. Перевести в двоичную СС число $13{,}8_{(10)}$:

$$13{,}8_{(10)} = 13_{(10)} + 0{,}8_{(10)}; \quad 13_{(10)} = 8 + 4 + 1 = 1101_{(2)};$$

0	8
1	6
1	2
0	4
0	8
1	6
1	2
...	

Итак, $0{,}8 = 0{,}110011\ldots_{(2)}$.

Таким образом, $13{,}8_{(10)} = 1101{,}110011\ldots_{(2)}$.

Двоичное число легко преобразуется в шестнадцатеричное, благодаря тому, что основания шестнадцатеричной и двоичной СС связаны простым соотношением $16 = 2^4$. Взаимный перевод чисел, представленных в этих СС, очень прост. Каждой шестнадцатеричной цифре соответствует четверка (тетрада) двоичных цифр. Это соответствие приведено в табл. 1.11.

Таблица 1.11

$a_{(16)}$	0	1	2	3	4	5	6
$a_{(2)}$	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110

Окончание табл. 1.11

7	8	9	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Для перевода двоичного числа в шестнадцатеричную СС достаточно разбить двоичное число на тетрады начиная с младших разрядов. Для целой части разбиение следует выполнять справа налево, а для дробной слева направо. После чего каждая двоичная тетрада заменяется соответствующей шестнадцатеричной цифрой (табл. 1.11). Если самая левая группа целой части или самая правая группа дробной части неполная, то она дополняется соответственно левыми нулями для целой части и правыми нулями для дробной части.

Примеры.

1. Перевести двоичные числа в шестнадцатеричную СС:

а) $101011_{(2)} = \underline{0010}\,\underline{1011} = 2B_{(16)}$;

б) $11111111_{(2)} = \underline{1111}\,\underline{1111} = FF_{(16)}$;

в) $1010{,}1111_{(2)} = \underline{1010},\ \underline{1111} = A{,}F_{(16)}$;

г) $110{,}10101_{(2)} = \underline{0110},\ \underline{1010}\,\underline{1000} = 6{,}A8_{(16)}$.

2. Перевести шестнадцатеричные числа в двоичную СС:

а) $BF_{(16)} = \underline{1011}\,\underline{1111}_{(2)}$; б) $A0_{(16)} = \underline{1010}\,\underline{0000}_{(2)}$;

в) $2C652A_{(16)} = \underline{0010}\,\underline{1100}\,\underline{0110}\,\underline{0101}\,\underline{0010}\,\underline{1011}_{(2)}$.

Перевод двоичных чисел в десятичную СС проще выполнять через шестнадцатеричную СС.

3 Перевести двоичное число в шестнадцатеричную СС:

$$\underline{1010}\,\underline{1100}\,\underline{0101}_{(2)} = (AC5_{(16)}) = (10 \cdot 16^2 + 12 \cdot 16 + 5) = (2560 + 192 + 5) = 2757_{(10)}.$$

Для взаимного перевода десятичных и шестнадцатеричных чисел удобно пользоваться таблицей, приведенной в табл. П2 приложения.

ГЛАВА 2. АРХИТЕКТУРА ЕС ЭВМ

2.1. ФОРМАТЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Прежде чем перейти к описанию логической структуры моделей ЕС ЭВМ и работы их функциональных устройств, необходимо получить некоторые сведения о форматах данных и способах представления информации в памяти ЭВМ.

Минимальной адресуемой единицей информации в ЕС ЭВМ является байт. Байт состоит из восьми двоичных разрядов (бит). В отличие от нумерации разрядов числа биты в байте нумеруются слева направо от 0 до 7. Байт является основной образующей всех форматов представления информации в ЕС ЭВМ. Каждый байт в памяти ЭВМ имеет свой порядковый номер, который называется абсолютным адресом байта.

Последовательность нескольких смежных байтов образует поле данных. Количество байтов поля называется длиной поля, а адрес самого левого байта поля — адресом поля. Байты нумеруются слева направо, начиная с нуля. Обработка информации может вестись либо побайтно, либо полями данных. Различают поля фиксированной и переменной длины.

Минимальным полем фиксированной длины является полуслово. Полуслово состоит из двух последовательных байтов (16 бит, пронумерованных слева направо от 0 до 15). Два полуслова образуют слово. Слово состоит из четырех последовательных байтов (32 бита, пронумерованных слева направо от 0 до 31). Два слова образуют двоичное слово (64 бита, пронумерованных слева направо от 0 до 63).

Поле переменной длины может быть любой длины в пределах от одного до 256 байтов. Форматы данных представлены на рис. 2.1. Если в указанных форматах размещаются числа, то веса их разрядов возрастают справа налево. Независимо от этого биты нумеруются слева направо, начиная с нуля. Формы представления чисел в ЕС ЭВМ см. в гл. 3.

Рис. 2.1. Форматы данных фиксированной длины (*а*) и переменной длины (*б*)

2.2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДЕЛИ ЕС ЭВМ

Упрощенная структурная схема модели ЕС ЭВМ приведена на рис. 2.2. Модель ЕС ЭВМ состоит из следующих основных функциональных устройств:

центрального процессора (ЦП), предназначенного для обработки информации;

основной (оперативной) памяти (ОП) для хранения информации в машине;

каналов ввода-вывода для передачи информации между ОП и внешними устройствами. Различают селекторные каналы (СК) и мультиплексорные (МК);

устройств ввода-вывода (УВВ) информации с блоками управления (БУ) и внешних запоминающих устройств (ВЗУ) со своими БУ.

Перейдем к рассмотрению функциональных устройств модели ЕС ЭВМ и их взаимодействия.

Центральный процессор. Он служит для арифметико-логической обработки данных, а также для обеспечения нужного порядка выполнения команд и начала операций обмена между ОП и внешними устройствами. Кроме того, ЦП имеет средства адресации к ОП, выборки и записи информации.

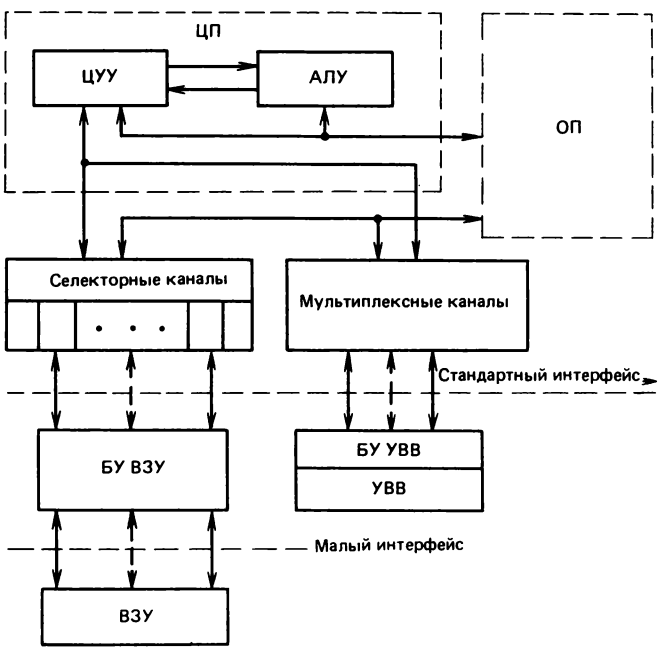


Рис. 2.2. Упрощенная структурная схема модели ЕС ЭВМ

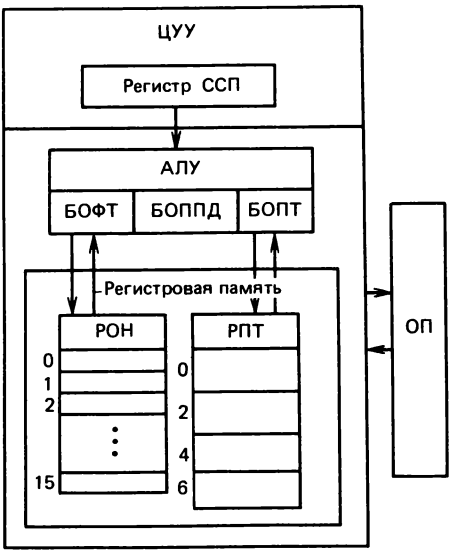


Рис. 2.3. Структура центрального процессора

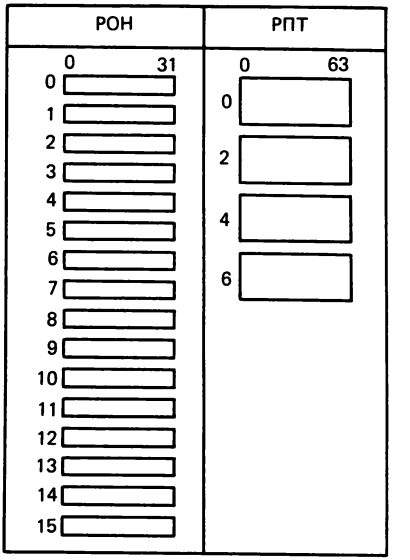


Рис. 2.4. Регистры общего назначения и с плавающей точкой

Структура ЦП представлена на рис. 2.3. Центральное устройство управления (ЦУУ) управляет всеми процессами в ЭВМ. Текущее состояние программы, по которой обрабатывается информация в ЦП, формируется в специальном регистре устройства управления, который называется словом состояния программы (ССП). В арифметико-логическом устройстве (АЛУ) выполняются команды программы.

АЛУ состоит из трех функциональных блоков, выполняющих операции: над числами с фиксированной точкой (БОФТ), над полями переменной длины (БОППД) и над числами с плавающей точкой (БОПТ).

Данные, над которыми выполняются действия команды, выбираются либо из ОП, либо из регистров ЦП (рис. 2.4) по адресам, указанным в команде. Регистры АЛУ — это дополнительная оперативная память, в которой хранятся данные и которая имеет меньше время выборки данных, чем если обращаться к оперативной памяти. В результате регистры позволяют сократить время решения задачи. В регистры обычно помещаются те данные, которые наиболее часто используются в программе. Основное назначение регистров АЛУ процессора — обеспечить более быструю выборку данных при решении задачи [8]. В ЦП имеется 16 регистров общего назначения (РОН) для операций с фиксированной точкой и 4 регистра для операций с плавающей точкой. Поля переменной длины всегда находятся в ОП.

Каждый РОН по длине соответствует слову (32 бита, пронумерованных слева направо от 0 до 31). Сами РОН пронумерованы от 0 до 15. Номер

РОН является его адресом. Регистры с плавающей точкой (РПТ) по длине соответствуют двойному слову (64 бита, пронумерованных слева направо от 0 до 63). РПТ имеют нумерацию, соответствующую их адресам: 0, 2, 4, 6.

При выполнении некоторых операций используют пару смежных РОН. Адрес пары РОН всегда имеет четный номер. РПТ применяется для работы с короткими форматами (словами) и длинными форматами (двойными словами). Тип регистра (РОН или РПТ) определяется кодом операции в команде.

Основная (оперативная) память. Устройство основной памяти ЕС ЭВМ по технологии является ферритовой или полупроводниковой. Конструктивно блоки ОП могут быть совмещены с ЦП или выполнены отдельно. Логика ОП при этом не меняется. ОП используется для хранения программ и данных. Вся оперативная память разбита на страницы по два килобайта (K). Один K равен 1024 байтам.

В ЕС ЭВМ в ОП одновременно могут находиться несколько программ. Время, необходимое для выборки и перезаписи информации, называется циклом ОП и зависит от конкретной модели ЕС ЭВМ.

Поля переменной длины могут располагаться с любого адреса байта. Поля фиксированной длины должны располагаться на целочисленной границе, что упрощает обращение к оперативным запоминающим устройствам. Целочисленной границей называется адрес байта, кратный длине поля фиксированной длины. Например, адрес полуслова кратен 2, слова — 4, двойного слова — 8. На рис. 2.5 показаны целочисленные границы полуслов, слов и двойных слов, т.е. расположение их в оперативной памяти [1].

Следует заметить, что двоичный адрес полуслова должен оканчиваться по крайней мере одним нулем, слова — двумя нулями, двойного слова — тремя нулями.

На рис. 2.6 показан трехбайтный двоичный адрес, позволяющий адресоваться к 16777216 = 2^{24} байтам ОП. Адресация в ОП организована циклически, т.е. за максимальным адресом 16777215 следует адрес 0.

Каналы ввода-вывода. Они предназначены для передачи информации от УВВ и ВЗУ в ОП и обратно и представляют собой специальные процессоры, работающие независимо от ЦП.

Обмен информации в канале осуществляется с помощью канальных программ. Канальной программой называется цепочка команд канала. Команды канала осуществляют чтение, запись или поиск информации на заданном внешнем устройстве. Основными функциями канала являются следующие:

установка связи с УВВ и ВЗУ;

выполнение обменных операций;

контроль обменных операций;

завершение обмена данных.

Из-за различной скорости передачи информации было введено два типа каналов: селекторный и мультиплексный.

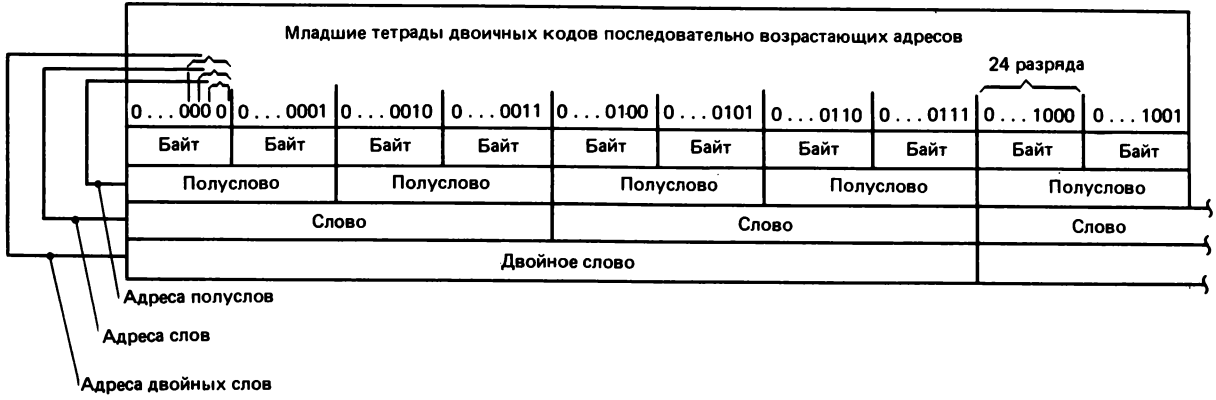


Рис. 2.5. Целочисленные границы адресов полуслов, слов и двойных слов при их расположении в оперативной памяти

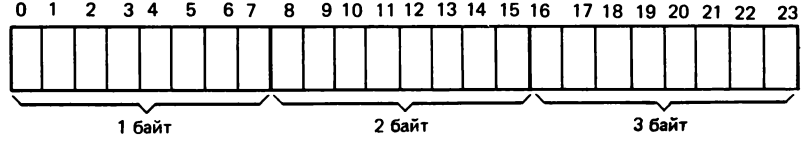


Рис. 2.6. Трехбайтный двоичный адрес

Селекторный канал в каждый период времени обслуживает только одно быстрое устройство (накопитель на магнитном диске — НМД, накопитель на магнитной ленте — НМЛ, накопитель на магнитном барабане — НМБ), т.е. работает в монопольном режиме.

Мультиплексный канал в каждый период времени может обслуживать несколько медленных устройств (устройства ввода-вывода с перфокарт, ввода-вывода с перфолент и т. д.), т. е. работает в мультиплексном режиме. Мультиплексный канал может работать как селекторный.

Для возможности подключения к каналу широкого спектра УВВ и ВЗУ между каналами и БУ был введен стандартный интерфейс (см. рис. 2.2). Интерфейс представляет собой набор из 33 шин, функционирующих по алгоритму, реализуемому с помощью передаваемых служебных сигналов. УВВ и ВЗУ подсоединяются к каналам через БУ, в котором выполняются поступающие из канала команды, и преобразуется в стандартный вид информация, принятая устройством [3].

Производительность ЭВМ повышается за счет параллельной работы ЦП, выполняющего одну из программ, находящихся в ОП, и каналов, выполняющих одну или несколько канальных программ. ЦП запускает нужную канальную программу, которая затем выполняется независимо от него. Основное назначение канала — освободить ЦП от управления операциями ввода-вывода [1].

Внешние устройства с блоками управления. К ним относятся устройства ввода-вывода и внешние запоминающие устройства, которые предназначены для ввода и хранения данных и вывода результатов решения задачи. Данные, подлежащие вводу-выводу, фиксируются на машинных носителях. Тип машинного носителя соответствует определенным типам УВВ и ВЗУ. Машинные носители обеспечивают длительное хранение записанной на них информации.

К типичным УВВ относятся: устройства ввода-вывода с перфокарт, перфолент, алфавитно-цифровые печатающие устройства, графопостроители, дисплеи, пишущие машинки. Для хранения больших объемов информации и оперативного обмена с ОП используются ВЗУ: НМД, НМЛ и НМБ. Эти устройства относятся к высокоскоростным, поэтому подсоединяются к ОП через селекторный канал.

Особую группу внешних устройств ЕС ЭВМ представляют устройства подготовки данных (УПД). К УПД относятся устройства подготовки данных на перфокартах, перфолентах, магнитных лентах и контролирующие устройства. УПД непосредственно с ЭВМ не связаны. В настоящее время в области вычислительной техники в режиме диалога программиста с ЭВМ широко используются дисплеи — это устройства отображения алфавитно-цифровой и графической информации на электронно-лучевую трубку. В частности, дисплеи можно использовать для подготовки и ввода данных в ЭВМ.

Подготовленные программистом исходные данные записываются на специальных бланках. С этих бланков осуществляется с помощью УПД запись этих данных на машинные носители. Информация на различных машинных носителях представляется по-разному.

ГЛАВА 3. КОДИРОВАНИЕ ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В ЕС ЭВМ

Для кодирования информации в ЕС ЭВМ используется двоичная СС, так как вычислительные машины единой системы выполнены на двухпозиционных электронных элементах. Двоичные коды используются для кодирования двоичных, десятичных и шестнадцатеричных чисел.

Представление числовой информации в вычислительной машине ограничено разрядностью. Разрядность определяется форматами полей фиксированной и переменной длины, а также числом разрядов арифметического устройства ЭВМ. Если результат выполнения арифметического действия по количеству разрядов превышает разрядную сетку устройства, то часть старших разрядов теряется.

Преобразование числа, заключающееся в сохранении определенного количества его младших разрядов и отбрасывании старших, соответствует в математике операции вычисления вычета по некоторому модулю. Аналогичная ситуация возникает в арифметическом устройстве ЭВМ. Это свойство используется для представления отрицательных чисел. Рассмотрим его более подробно.

Будем считать числа A и B целыми и положительными. Обозначим через m число разрядов, которое сохраняется в укороченном числе и соответствует числу разрядов арифметического устройства ЭВМ. Тогда часть старших разрядов n-разрядного числа

$$A = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \ldots + a_1 p + a_0, \tag{3.1}$$

представленного в СС с основанием p, будет отброшена, если $n > m$.

Введем обозначение $(A)_M$ для такого укороченного числа, в котором сохранены m младших разрядов:

$$(A)_M = a_{m-1} p^{m-1} + \ldots + a_1 p + a_0. \tag{3.2}$$

Соотношение (3.1) можно записать теперь в таком виде:

$$A = (a_n p^{n-m} + \ldots + a_m) p^m + (A)_M. \tag{3.3}$$

Многочлен в круглых скобках представляет собой целое число. Обозначим его k. Введем обозначение модуля M:

$$M = p^m. \tag{3.4}$$

Тогда соотношение (3.3) преобразуется:

$$A = KM + (A)_M. \tag{3.5}$$

При этом выполняется неравенство:

$$(A)_M < M = p^m, \tag{3.6}$$

так как согласно (3.2) число $(A)_M$ имеет высшую степень основания СС p^{m-1}.

Таким образом, из (3.5) и (3.6) следует, что укороченное число $(A)_M$ является остатком от целочисленного деления исходного числа на модуль M. Этот остаток в математике называется вычетом числа по модулю M. В дальнейшем под $(A)_M$ будем понимать вычет числа A по модулю M.

Можно сделать вывод, что все действия в ЭВМ по существу выполняются по модулю M. Например, сложение чисел в ЭВМ представляется выражением:

$$(A)_M + (B)_M = (A + B)_M. \tag{3.7}$$

Если все числа A, B и $A + B$ меньше модуля, то вычеты совпадают с исходными числами. В этом случае действия в вычислительной машине выполняются как обычные действия.

Следует обратить внимание на то, что добавление модуля к некоторому числу не меняет его вычета, т.е.

$$(A + M)_M = (A)_M. \tag{3.8}$$

В вычислительных машинах схемы, реализующие операцию сложения, получаются гораздо проще и компактнее, чем схемы, выполняющие операцию вычитания. Кроме того, операции сложения выполняются быстрее. В связи с этим в вычислительной технике операция вычитания заменяется операцией сложения с отрицательными числами, представленными в специальных кодах — обратном и дополнительном. Применение этих кодов позволяет единообразно выполнять действия как с положительными, так и с отрицательными числами. Знак результата при этом получается автоматически и знаковый разряд ничем не отличается от остальных разрядов числа.

3.2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Рассмотрим способ представления отрицательных чисел. С помощью m разрядов может быть представлено $M = p^m$ различных чисел. Разделим это множество на две части, отделив положительные и отрицательные числа. Для положительных чисел примем условие:

$$A < \frac{1}{2}M, \quad B < \frac{1}{2}M. \tag{3.9}$$

Отрицательные числа будем представлять с помощью дополнений до модуля. Так, числа $-A$ и $-B$ заменим их дополнениями до модуля M:

$$A_{доп} = M - A, \quad B_{доп} = M - B. \qquad (3.10)$$

$A_{доп}$ и $B_{доп}$ являются положительными числами и находятся в интервале, определенном неравенствами:

$$\frac{1}{2}M < A_{доп} < M, \quad \frac{1}{2}M < B_{доп} < M. \qquad (3.11)$$

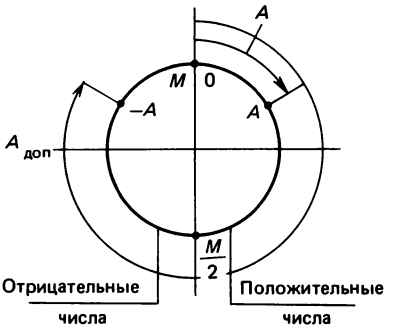


Рис. 3.1. Диаграмма представления чисел с помощью вычетов

Операцию вычитания теперь можно заменить сложением по модулю M, используя дополнения чисел до модуля. Действительно, основываясь на (3.8), можно написать тождество:

$$(A - B)_M = (A + M - B)_M.$$

Используя теперь определение дополнения до модуля (3.10), получим:

$$(A - B)_M = (A + B_{доп})_M. \qquad (3.12)$$

Таким образом, вычитание заменяется сложением с дополнением до модуля. Результат будет соответствовать обычному вычитанию, если выполняются условия (3.9).

Представление чисел с помощью вычетов иллюстрирует диаграмма на рис. 3.1. Числа здесь представлены точками на окружности, а не на бесконечной прямой. Области представления положительных и отрицательных чисел четко разделяются.

Примеры.

1. Для двухразрядного арифметического устройства, работающего в десятичной системе счисления, произвести вычисления, пользуясь только операцией сложения:
а) 20 – 15, б) 15 – 20, в) –15 – 20.

В данном случае $p = 10$ и $m = 2$. Следовательно, модуль $M = 10^2 = 100$; $M/2 = 50$ [см. (3.4) и (3.9)].

Вычислим дополнения отрицательных чисел:

$(-15)_{доп} = 100 - 15 = 85$; $(-20)_{доп} = 100 - 20 = 80$.

Используя (3.12), решаем:

а) $20 - 15 = (20 + 85)_M = (105)_M = (105 - 100)_M = 5$;

б) $15 - 20 = (15 + 80)_M = (95)_M = (95 - 100)_M = -5$;

в) $-15 - 20 = (85 + 80)_M = (165)_M = (165 - 2 \cdot 100)_M = -35$.

2. Для четырехразрядного арифметического устройства, работающего в шестнадцатеричной СС, произвести следующие вычисления, пользуясь только сложением:

а) $14BA_{(16)} - 78AE_{(16)}$, б) $-45AB_{(16)} - 10AB_{(16)}$,

в) $-7841_{(16)} + 3481_{(16)}$.

В данном случае $p = 16$ и $m = 4$. Следовательно, модуль $M = 16^4 = 65536_{(10)} = 10000_{(16)}$; $M/2 = 8000_{(16)}$.

Определим дополнения отрицательных чисел:

$$-78AE_{(16)} = 10000_{(16)} - 78AE_{(16)} = 8752_{(16)};$$
$$-45AB_{(16)} = 10000_{(16)} - 45AB_{(16)} = BA55_{(16)};$$
$$-10AB_{(16)} = 10000_{(16)} - 10AB_{(16)} = EF55_{(16)};$$
$$-7841_{(16)} = 10000_{(16)} - 7841_{(16)} = 87BF_{(16)}.$$

Вычислим:

а) $14BA - 78AE = (14BA + 8752)_M = (9COC)_M = 9COC - 10000 = -63F4$;

б) $-45AB - 10AB = (BA55 + EF55)_M = (1A9AA)_M = 1A9AA - 10000 = A9AA - 10000 = -(10000 - A9AA) = -5656$;

в) $-7841 + 3A81 = (87BF + 3A81)_M = (C240 - 10000) = -(10000 - BF40) = -3DC0$.

3. Для пятиразрядного арифметического устройства, работающего в двоичной СС, решить следующие выражения, пользуясь только сложением:

а) $1101_{(2)} - 1010_{(2)}$, б) $110_{(2)} - 11_{(2)}$, в) $-1010_{(2)} - 111_{(2)}$.

В данном случае $p = 2$ и $m = 5$. Следовательно, модуль $M = 2^5 = 32_{(10)} = 100000_{(2)}$; $M/2 = 10000$.

Вычислить дополнения отрицательных чисел:

$$(-1010)_{(2)} = 100000_{(2)} - 1010_{(2)} = 10110_{(2)};$$
$$(-11)_{(2)} = 100000_{(2)} - 11_{(2)} = 11101_{(2)}.$$

Получим заданные выражения:

а) $1101_{(2)} - 1010_{(2)} = 1101_{(2)} + 10110_{(2)} = 100011_{(2)} = 100011 - 100000 = 11_{(2)}$;

б) $110_{(2)} - 11_{(2)} = 110_{(2)} + 11101_{(2)} = 100011_{(2)} = 10011_{(2)} - 100000_{(2)} = 11_{(2)}$;

в) $-1010_{(2)} - 11_{(2)} = 101101_{(2)} + 11101_{(2)} = 110011_{(2)} = 110011_{(2)} - 100000_{(2)} = 10011_{(2)} - 100000_{(2)} = -1101_{(2)}$.

Машинные коды. Рассмотрим теперь машинные коды, которые используются в вычислительной машине для представления чисел. Представление любого вида информации в ЭВМ осуществляется в виде комбинации единиц и нулей в заданных границах поля данных. Другими словами, преимущественное применение в машине имеет двоичная система счисления с основанием $p = 2$:

$$M = 2^m = \underbrace{1000\ldots0}_{m}{}_{(2)}, \tag{3.13}$$

где M — модуль; m — число разрядов двоичного представления информации. Абсолютная величина чисел должна удовлетворять условию:

$$A < \frac{1}{2}M = 2^{m-1}. \tag{3.14}$$

Таким образом, количество значащих разрядов двоичного числа не должно превышать величину $m - 1$.

На практике применяются три основных типа машинных кодов: прямой, обратный и дополнительный. Прямой код в машине в основном исполь-

зуется для представления положительных чисел. Если положительные и отрицательные числа представляются в прямом коде, то один разряд используется в качестве идентификатора знака.

Примем для некоторой гипотетической машины формат машинного слова, равным 1 байту (8 бит). Машинный код числа будем обозначать следующим образом: $[A]_{пр}$ – прямой, $[A]_{обр}$ – обратный, $[A]_{доп}$ – дополнительный.

Двоичный код числа A представим в виде:

$$A = X_0 X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7,$$

где X_i – двоичные разряды, принимающие значение 0 или 1; индекс i соответствует номеру бита в байте.

Предположим, что положительные и отрицательные числа в данной машине представляются в прямом коде. Тогда один разряд в слове необходимо отвести под код знака. Предположим, что этим разрядом будет бит X_0, причем $X_0 = 0$ означает знак "+", а $X_0 = 1$, означает знак "–".

Тогда, если $A \geqslant 0$, то $[A]_{пр} = 0\ X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7$.

Если $A < 0$, то $[A]_{пр} = 1\ X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7$.

Пример. Представить в прямом коде двоичные числа: $+101_{(2)}$, $-101_{(2)}$, $+1000010_{(2)}$:

а) $[+101]_{пр} = 0000\ 0101$;

б) $[-101]_{пр} = 1000\ 0101$;

в) $[+1000010]_{пр} = 0100\ 0010$.

Рассмотрим теперь дополнительный и обратный коды. Из соотношений (3.10) и (3.13) следует:

$$A + [A]_{доп} = 1\underbrace{000\ldots0}_{m}. \tag{3.15}$$

Из обеих частей равенства (3.15) вычтем единицу

$$A + [A]_{доп} - 1 = 1\underbrace{000\ldots0}_{m}{}_{(2)} - 1 = 111\ldots1_{(2)}. \tag{3.16}$$

Введем обозначение:

$$[A]_{обр} = [A]_{доп} - 1. \tag{3.17}$$

Двоичное число $[A]_{обр}$ называется обратным кодом двоичного числа A. Из (3.16) и (3.17) следует:

$$A + [A]_{обр} = \underbrace{11\ldots1}_{m}{}_{(2)}. \tag{3.18}$$

Из равенства (3.18) можно сделать вывод, что сумма одноименных разрядов чисел A и $[A]_{обр}$ всегда равна 1. Отсюда следует простое правило вычисления обратного кода. Обратный код числа получается из прямого

кода инвертированием каждого двоичного разряда, т.е. 0 меняется на 1, а 1 на 0:

$$[A]_{\text{пр}} = X_0 X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7;$$
$$[A]_{\text{обр}} = \overline{X}_0 \overline{X}_1 \overline{X}_2 \overline{X}_3 \overline{X}_4 \overline{X}_5 \overline{X}_6 \overline{X}_7,$$

где X — инверсия $\overline{X}$.

Из (3.18) вытекает, что обратный код является дополнением до максимального двоичного числа, представимого в данном формате:

$$A_{\text{макс}} = \underbrace{111\ldots1}_{m}{}_{(2)}.$$

Дополнительный код получается из обратного на основании (3.15):

$$[A]_{\text{доп}} = [A]_{\text{обр}} + 1. \qquad (3.19)$$

Следовательно, дополнительный код может быть получен из обратного формальным суммированием обратного кода числа с единицей младшего разряда. При возникновении переноса из старшего разряда он теряется:

$$[A]_{\text{доп}} = \overline{X}_0 \overline{X}_1 \overline{X}_2 \overline{X}_3 \overline{X}_4 \overline{X}_5 \overline{X}_6 \overline{X}_7 + 1. \qquad (3.20)$$

Таким образом, переход от прямого кода числа к обратному является поразрядной операцией и не требует больших затрат времени в вычислительной машине. Переход от обратного кода к дополнительному требует заметно бо́льшего времени, так как в этом случае возможно образование цепочки переносов.

Обратный и дополнительный код в вычислительной машине используется для представления отрицательных чисел.

Пример. Представить в обратном и дополнительном кодах отрицательные числа — $1000_{(2)}$ и $-11111_{(2)}$:

а) $[1000]_{\text{пр}} = 0000\ 1000$,
$[-1000]_{\text{обр}} = 1111\ 0111$,
$[-1000]_{\text{доп}} = 1111\ 1000$;

б) $[11111]_{\text{пр}} = 0001\ 1111$,
$[-11111]_{\text{обр}} = 1110\ 0000$,
$[-11111]_{\text{доп}} = 1110\ 0001$.

Следует отметить, что при представлении отрицательных чисел в дополнительном коде в специально отведенном разряде знака числа индикатор знака получается автоматически. Поясним это. Диапазон кодов (как отмечалось в § 3.1), которые могут быть представлены в заданной разрядной сетке, делится на две равные части: одна для представления положительных чисел, другая для представления отрицательных чисел в дополнительном коде. Таким образом, для каждого положительного числа есть прототип

отрицательного числа в дополнительном коде. Исключение составляет число 0, у которого дополнительный код совпадает с прямым:

$$[+0]_{пр} = 000\ldots0,\ [-0]_{доп} = 000\ldots0.$$

Тогда для представления максимального положительного числа потребуется $m-1$ разряд, где m — число разрядов поля, в котором представляются числа. Следовательно, старший разряд поля для положительных чисел в заданном диапазоне должен всегда иметь значение 0, иначе положительное число попадет в область представления отрицательных чисел.

Для нашей гипотетической машины максимальное положительное число запишется в виде

0 1 1 1 1 1 1 1

Старший разряд кода числа в заданном поле может служить индикатором знака, так как отрицательные числа, представленные в дополнительном коде всегда имеют в этом разряде 1, если отрицательное число не выходит из допустимого диапазона.

Следует заметить, что все старшие разряды до первой значащей цифры положительных и отрицательных чисел в заданном поле совпадают со знаковым. Эта особенность используется в машине при размещении числа в поле с бо́льшей разрядностью. Число расширяется распространением знакового разряда в старшие разряды поля. Бит X_0 в любом формате полей данных служит индикатором знака.

Пример. Записать числа $\pm 101_{(2)}$ в формате полуслова:

$$[+101_{(2)}]_{пр} = 0000000000000101,$$
$$[-101_{(2)}]_{доп} = 1111111111111011.$$

Для перехода от дополнительного кода к прямому можно воспользоваться формулой:

$$A = [A_{доп}]_{доп}. \qquad (3.21)$$

Справедливость этой формулы следует из соотношения:

$$[A_{доп}]_{доп} = [M - A]_{доп} = M - M + A = A. \qquad (3.22)$$

По формуле (3.22) можно получить прототип положительного числа, соответствующего заданному отрицательному.

Пример. Найти прямой код отрицательного числа по его заданному дополнительному коду:

$$[A]_{доп} = 1111\ 1000,$$
$$[[A]_{доп}]_{обр} = 0000\ 0111,$$
$$[A]_{пр} = [[A]_{доп}]_{доп} = 0000\ 1000.$$

Применение дополнительного кода позволяет формально производить действия с соответствующими кодами чисел. Результат в зависимости от

значения (меньше или больше нуля) автоматически представляется в прямом или дополнительном коде. Арифметические операции выполняются над двоичными m-разрядными числами, включая знаковый, который ничем не отличается от остальных разрядов числа.

Пример. Вычислить выражения $(11_{(2)} - 1_{(2)})$ и $(-11_{(2)} - 1_{(2)})$, пользуясь представлением числа в машинных кодах:

а) представим числа, входящие в выражения, в машинных кодах.

$$[11]_{пр} = 0000\ 0011,$$
$$[-11]_{обр} = 1111\ 1100,$$
$$[-11]_{доп} = 1111\ 1101,$$
$$[1]_{пр} = 0000\ 0001,$$
$$[-1]_{обр} = 1111\ 1110,$$
$$[-1]_{доп} = 1111\ 1111;$$

б) вычислим значение выражения $(11_{(2)} - 1_{(2)})$

$$\begin{array}{rr} & 0000\ 0011 \\ + & 1111\ 1111 \\ \hline [A]_{пр} = & 000\ 0010 \end{array}$$

Результат $[A]_{пр}$ соответствует числу $A = 10_{(2)}$;

в) вычислим значение выражения $(-11_{(2)} - 1_{(2)})$

$$\begin{array}{rr} & 1111\ 1101 \\ + & 1111\ 1111 \\ \hline [A]_{доп} = & 1111\ 1100 \end{array}$$

Результат $[A]_{доп}$ соответствует числу $A = -100_{(2)}$, так как $[A]_{доп} = 1111\ 1100$, а $[[A]_{доп}]_{обр} = 0000\ 0011$ и $A = [[A]_{доп}]_{доп} = 0000\ 0110_{(2)}$. Итак $(11 - 1) = 10_{(2)}$ и $(-11 - 1) = -100_{(2)}$.

Заменив двоичные числа в выражениях их десятичными эквивалентами, убедимся в правильности результатов:

$$(3 - 1) = 2 \text{ и } (-3 - 1) = -4.$$

3.3. ПРИЗНАКИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ РАЗРЯДНОЙ СЕТКИ

Если результат выполнения арифметических действий выходит за допустимый диапазон в заданной разрядной сетке, то аппаратно фиксируется переполнение, которое может привести к аварийному завершению задачи.

Рассмотрим формальный признак, по которому в машине фиксируется переполнение. С этой целью различают согласованные и несогласованные переносы.

Перенос называется согласованным, если происходит одновременный перенос из старшего разряда числа в знаковый и из знакового разряда за пре-

делы разрядной сетки. В этом случае переполнение отсутствует. Операция завершается нормально.

Перенос называется несогласованным, если происходит перенос либо только из старшего разряда числа в знаковый, либо только из знакового разряда за пределы разрядной сетки. В первом случае фиксируется положительное переполнение (при сложении двух положительных чисел), во втором — отрицательное переполнение (при сложении двух отрицательных чисел).

Приведем примеры согласованных и несогласованных переносов.

Примеры.

1. Сложим два десятичных числа $A = 120$ и $B = 7$, представленных в двоичной СС в 8-разрядной сетке.

$$
\begin{array}{rrl}
+ & [120]_{пр} & [A]_{пр} = 0111\ 1000 \\
 & [7]_{пр} & [B]_{пр} = 0000\ 0111 \\
\hline
 & [127]_{пр} & [A+B]_{пр} = 0111\ 1111
\end{array}
$$

Операция завершена нормально. Переносы отсутствуют.

2. Сложить два десятичных числа $A = -120$ и $B = -7$, представленных в двоичной СС в 8-разрядной сетке:

$$
\begin{array}{rrl}
+ & [-120]_{доп} & [A]_{доп} = 1000\ 1000 \\
 & [-7]_{доп} & [B]_{доп} = 1111\ 1001 \\
\hline
 & [-127]_{доп} & [A+B]_{доп} = 11000\ 0001
\end{array}
$$

Операция завершается нормально, переносы согласованы: одновременный перенос из старшего разряда числа в знаковый и из знакового за пределы разрядной сетки.

3. Сложить два десятичных числа $A = 121$ и $B = 7$, представленных в двоичной СС в 8-разрядной сетке:

$$
\begin{array}{rrl}
+ & [121]_{пр} & [A]_{пр} = 0111\ 1001 \\
 & [7]_{пр} & [B]_{пр} = 0000\ 0111 \\
\hline
 & [128]_{пр} & [A+B] = = 1000\ 0000
\end{array}
$$

Перенос несогласован, так как возникает только из старшего разряда числа в знаковый. Фиксируется положительное переполнение.

4. Сложить два десятичных числа $A = -120$ и $B = -9$, представленных в двоичной СС в 8-разрядной сетке:

$$
\begin{array}{rrl}
+ & [-120]_{доп} & [A]_{доп} = 1000\ 1000 \\
 & [-9]_{доп} & [B]_{доп} = 1111\ 0111 \\
\hline
 & [-129]_{доп} & [A+B]_{доп} = 10111\ 1111
\end{array}
$$

Перенос несогласован, так как он возникает из знакового разряда и переходит за пределы разрядной сетки. Фиксируется отрицательное переполнение. Заметим, что при положительном переполнении знаковый разряд суммы содержит 1, а при отрицательном переполнении 0, что противоречит действительности [2].

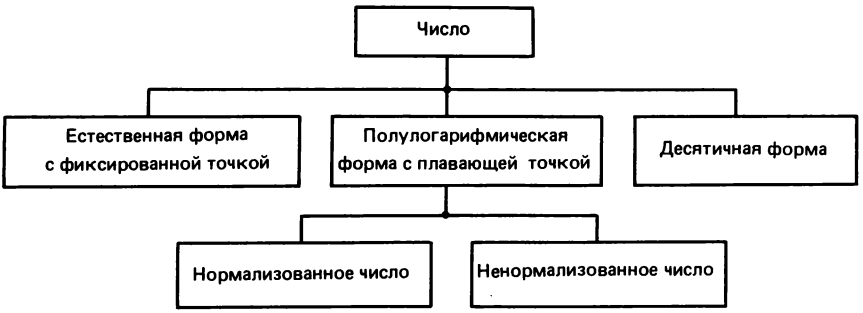


Рис. 3.2. Формы представления чисел

Заметим, что максимальное положительное число, которое размещается в 8-разрядной сетке, соответствует десятичному +127 или двоичному $0111\ 1111_{(2)}$. А максимальное по абсолютному значению отрицательное число соответствует десятичному −128 или двоичному $1000\ 0000_{(2)}$, ибо $[1000\ 0000_{доп}]_{доп} = 1000\ 0000$.

При возникновении переполнения, если программист не заблокирует с помощью специальной команды прерывание, происходит аварийное завершение задачи.

Ниже рассматриваются три формы представления и последовательность обработки чисел в ЕС ЭВМ: с плавающей точкой (полулогарифмическая), с фиксированной точкой (естественная) и десятичная (рис. 3.2).

3.4. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ С ФИКСИРОВАННОЙ ТОЧКОЙ

Операции над числами с фиксированной точкой наиболее часты в практике программирования. Это объясняется тем, что большинство прикладных задач не требует такой точности, какую может дать плавающая точка, а скорость обработки, особенно в регистровых командах, значительно выше.

Для представления чисел с фиксированной точкой используется двоичная система счисления. Числа размещаются в формате полуслова, слова и двойного слова. Размером этих полей фиксированной длины определяется диапазон представления чисел.

Положительные числа представляются в прямом коде, отрицательные — в дополнительном. Биты в полуслове, слове и двойном слове пронумерованы слева направо соответственно от 0 до 15, от 0 до 31 и от 0 до 63. Нулевой бит каждого поля (т.е. старший разряд числа) служит индикатором знака (см. § 3.1). На рис. 3.3 показаны форматы представления чисел с фиксированной точкой.

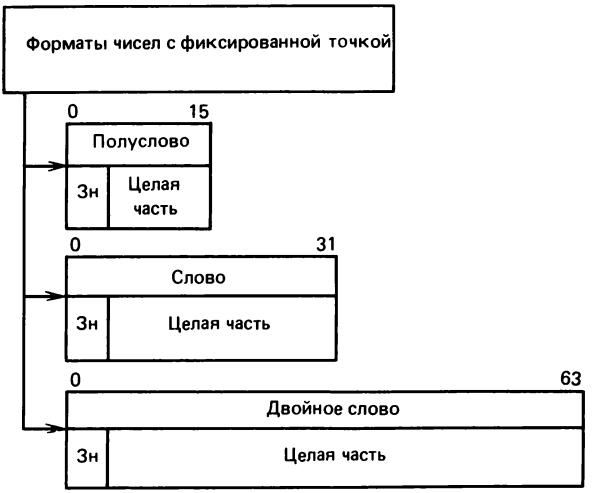


Рис. 3.3. Форматы представления чисел с фиксированной точкой

Пример. Записать отрицательное двоичное число — 11011101 в формате полуслова:

$[11011101]_{пр}$ 0000 0000 1101 1101
$[-11011101]_{обр}$ 1111 1111 0010 0010
$[-11011101]_{доп}$ 1111 1111 0010 0011
индикатор знака

Максимальные положительные числа, которые можно разместить в полуслове, слове и двойном слове:

полуслово $0\underbrace{111\ldots1}_{15p}{}_{(2)} = 2^{15} - 1 = 32767_{(10)}$,

слово $0\underbrace{111\ldots1}_{31p}{}_{(2)} = 2^{31} - 1 = 2147483647_{(10)}$,

двойное слово $0\underbrace{111\ldots1}_{63p}{}_{(2)} = 2^{63} - 1 = 18446744073709551615_{(10)}$.

Числа с фиксированной точкой могут размещаться либо в оперативной памяти, либо в РОН. Полуслово занимает младшие 16 разрядов регистра, слово — целиком регистр, двойное слово — пару регистров, причем регистр с меньшим номером всегда четный (например 0,1 или 2,3, но не 3,4). Двойное слово обычно получается в результате умножения двух слов. Поэтому в команде умножения слов всегда указывается четный регистр пары.

Следует заметить, что операции с фиксированной точкой удобны тем, что они производят действия над двоичными числами. Поэтому их можно ис-

пользовать в программе для преобразования адресов, которые представляются, как отмечалось выше, 24-разрядными двоичными кодами.

В состав команд с фиксированной точкой включены команды: сложение, вычитание, умножение полуслов и слов, деление, сравнение, загрузка, запись в память полуслова и слова; сдвиг слов и двойных слов и др. Операции с фиксированной точкой производятся только над целыми числами. При желании произвести действия над дробями можно программным путем отвести часть младших разрядов числа под дробные двоичные разряды, при этом положение точки фиксируется. Соответственно диапазон представления чисел уменьшается.

Пример. Представить в формате с фиксированной точкой число $10.3_{(10)}$. Под дробные разряды отвести три двоичных разряда. Результат записать в полуслово.

Преобразуем число 10,3 в двоичный эквивалент:

$$10.3_{(10)} = 1010.01001_{(2)}.$$

В формате полуслова имеем:

0000 0000 0101 $\underline{0.010}$ дробные разряды

Обработка чисел с фиксированной точкой. Числовая информация поступает в машину, как правило, с перфокарт. Поэтому первоначально она имеет заданную форму представления. Для представления ее в формате с фиксированной точкой предусмотрена команда CVB (ConVert Binary — перевести в двоичную). Для вывода результатов на внешнее устройство должно быть произведено обратное преобразование, которое осуществляется с помощью команды CVD (ConVert to Decimal — перевести в десятичную). Результатом преобразования является упакованное десятичное число, которое затем переводится в зонный формат. Последовательность обработки чисел с фиксированной точкой в ЕС ЭВМ показана на рис. 3.4.

3.5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ С ПЛАВАЮЩЕЙ ТОЧКОЙ

Для представления чисел с плавающей точкой используется полулогарифмическая форма, которая имеет вид:

$$A = (\pm S)\, p^{\pm r}, \tag{3.23}$$

где p — основание системы счисления (целое положительное число); $\pm r$ — порядок числа; S — мантисса числа A, всегда $|S| < 1$.

Запись вида (3.23) называется полулогарифмической, так как в логарифмической форме представляется часть числа $p^{\pm r}$. Положение запятой определяется значением порядка r. С изменением порядка в ту или другую сторону точка перемещается (плавает) влево или вправо.

Пример. Дано десятичное число 678,535. По формуле (3.23) его можно представить в виде $67.8535\ 10^1$ или $0.678535 \cdot 10^3$.

Числа с плавающей точкой бывают нормализованные и ненормализованные. Мантисса нормализованных чисел должна удовлетворять условию:

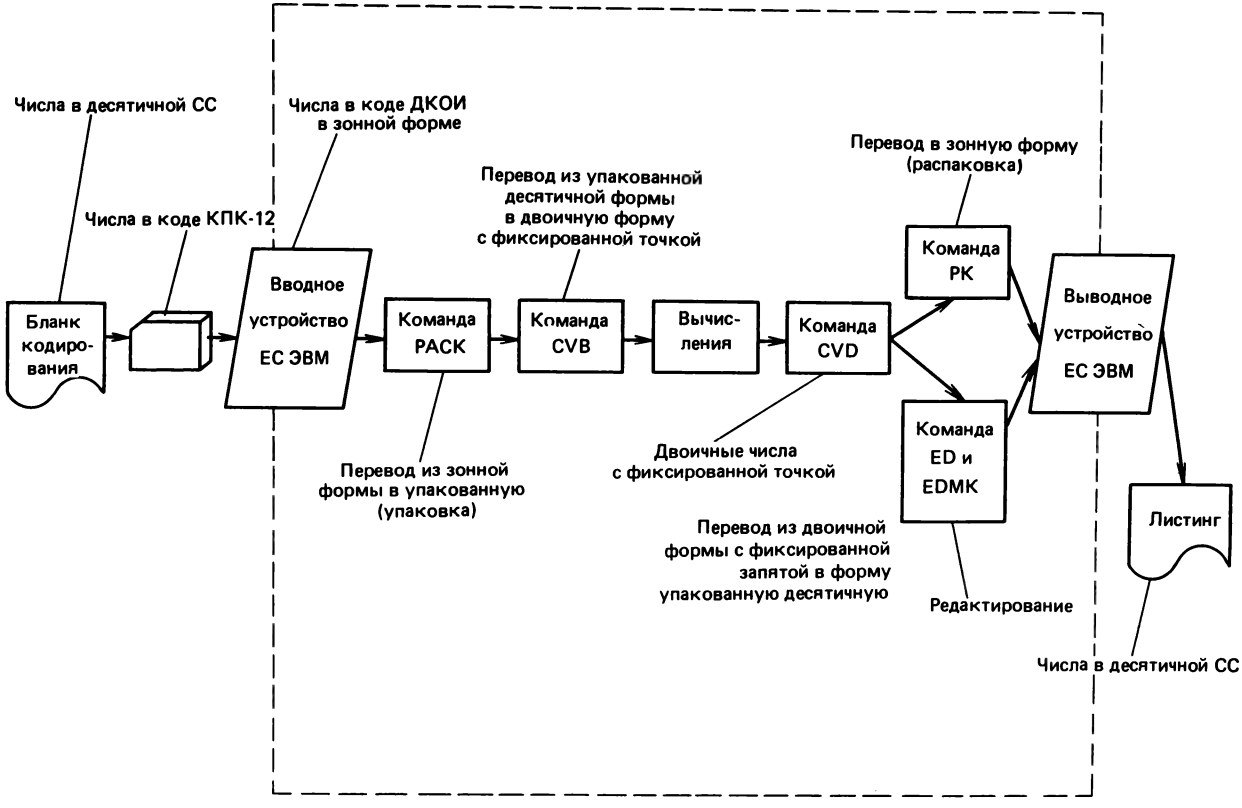


Рис. 3.4. Последовательность обработки чисел с фиксированной точкой в ЕС ЭВМ

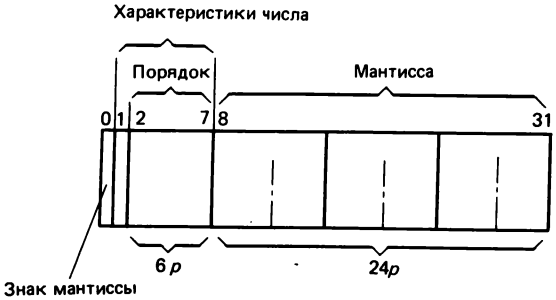


Рис. 3.5. Формат слова

$$\frac{1}{p} \leqslant |S| < 1. \qquad (3.24)$$

В ЕС ЭВМ для представления мантиссы используется шестнадцатеричная СС, p = 16. Каждая шестнадцатеричная цифра мантиссы занимает тетраду. Мантисса нормализованного числа может меняться в диапазоне:

$$1/16 \leqslant |S| < 1$$

или в двоичном изображении:

$$0{,}000100\ldots0 \leqslant |S| \leqslant 0{,}11111\ldots1.$$

В нормализованных числах первая цифра после запятой должна быть значащей ($0{,}0001_{(2)} = 0{,}1_{(16)}$).

Под мантиссу и порядок в машине отводится определенное число разрядов, соответственно l и q. Диапазон представления нормализованных шестнадцатеричных чисел $A_{(16)}$, взятых по абсолютному значению, определяется неравенствами:

$$16^{-1} \cdot 16^{-(2^q-1)} \leqslant |A_{(16)}| \leqslant (1 - 16^{-\frac{l}{4}}) \cdot 16^{(2^q-1)}, \qquad (3.25)$$

где 16^{-1} и $(1 - 16^{-\frac{l}{4}})$ — наименьшее и наибольшее абсолютные значения нормализованных мантисс; $16^{-(2^q-1)}$ и $16^{(2^q-1)}$ — наименьшее и наибольшее значения порядков.

В моделях ЕС ЭВМ под мантиссу в формате слова отводится 24 разряда (l = 24), под порядок — 6 (q = 6) рис. 3.5. Полагая с достаточной степенью точности $(1 - 16^{-\frac{l}{4}}) = (1 - 16^{-24/4}) \simeq 1$, получим $16^{-1} \cdot 16^{-(2^6-1)} \leqslant$ $\leqslant |A_{(16)}| \leqslant 1 \cdot 16^{(2^6-1)}$, или

$$16^{-64} \leqslant |A_{(16)}| \leqslant 16^{63}. \qquad (3.26)$$

В формате двойного слова под мантиссу отводится 56 разрядов, что тем более не противоречит

$$(1 - 16^{-\frac{l}{4}}) = (1 - 16^{-56/4}) \simeq 1,$$

а следовательно, и полученному выше неравенству (3.26). Это неравенство определяет приблизительный общий диапазон представления чисел с плавающей точкой, что в десятичной системе счисления эквивалентно

$$10^{-77} \leqslant |A_{(10)}| \leqslant 10^{76}.$$

Следует заметить, что применение шестнадцатеричной СС для представления чисел с плавающей точкой существенно расширяет их диапазон. Например, при тех же l и q с двоичным представлением мантиссы имеем

$$2^{-1} \cdot 2^{-(2^q-1)} \leqslant |A_{(2)}| \leqslant (1 - 2^{-l}) \cdot 2^{(2^q-1)}. \qquad (3.27)$$

Полагая $1 - 2^{-l} \simeq 1$, получаем $2^{-64} \leqslant |A_{(2)}| \leqslant 2^{63}$, что в десятичной СС эквивалентно $10^{-19} \leqslant |A_{(10)}| \leqslant 10^{19}$ [2].

Представление чисел с плавающей точкой в нормализованном виде позволяет повысить точность вычислений, так как в разрядной сетке сохраняется большое количество значащих разрядов. Нормализация результатов вычислений производится автоматически. Операции сложения и вычитания с плавающей точкой можно выполнять и без нормализации, при этом производится предварительное выравнивание порядков. В систему команд с плавающей точкой включены команды сложения и вычитания без нормализации.

Операции над числами с плавающей точкой применяются для решения задач, в которых требуется большая точность вычислений. Числа с плавающей точкой размещаются в форматах слова и двойного слова. Для представления мантиссы и порядка используется шестнадцатеричная система счисления. Каждая шестнадцатеричная цифра мантиссы занимает тетраду. Положительные и отрицательные мантиссы изображаются в прямом коде. Поэтому нулевой бит слова или двойного слова содержит код знака мантиссы (0 — "плюс", 1 — "минус").

Под мантиссу в слове и двойном слове отводятся соответственно с 8 по 31 биты и с 8 по 63 биты, т.е. в слове — три младших байта (6 шестнадцатеричных цифр), в двойном слове — семь младших байтов (14 шестнадцатеричных цифр). Биты с 1 по 7 в слове или двойном слове определяют порядок. Шестнадцатеричный код, определяющий порядок, занимает младшую тетраду (с 4 по 7 биты) и неполную старшую тетраду (с 1 по 3 биты). Биты с 1 по 7 слова или двойного слова, содержащих число с плавающей точкой, называются характеристикой числа.

Определение порядка в ЕС ЭВМ имеет некоторую особенность. Значение порядка берется с избытком $40_{(16)}$ ($1000000_{(2)}$). Это означает, что при нулевом порядке характеристика содержит $1000000_{(2)}$. Заметим, что при

положительном порядке единица в первом бите характеристики сохраняется и указывает на то, что порядок положительный, при отрицательном порядке первый бит содержит нуль, указывающий, что порядок отрицательный.

Рассмотрим примеры, в которых шестнадцатеричная цифра первой тетрады старшего байта формируется вместе со значением знакового бита мантиссы.

Пример. Представить в формате слова с плавающей точкой в нормализованной форме десятичные числа: 13,5; −144,15; 100; −0,012;

а) $13.5_{(10)} = D.8_{(16)} = 0.D8_{(16)} \cdot 16^1$.

Мантисса $D80000_{(16)}$, характеристика $1000001_{(2)}$, содержимое старшего байта слова $0100\ 0001_{(2)} = 41_{(16)}$. Результат $41D80000_{(16)}$;

б) $-144.15_{(10)} = -90.266666\ldots_{(16)} = -0{,}902666\ldots_{(16)} \cdot 16^2$.

Мантисса $902666_{(16)}$, характеристика $1000010_{(2)}$, содержимое старшего байта слова $1100\ 0010_{(2)} = C2_{(16)}$. Результат $C2902666_{(16)}$;

в) $100_{(10)} = 64_{(16)} = 0.64_{(16)} \cdot 16^2$.

Мантисса 640000, характеристика $1000010_{(2)}$, содержимое старшего байта слова $0100\ 0010_{(2)} = 42_{(16)}$. Результат $42640000_{(16)}$;

г) $-0.012_{(10)} = -0.03126E9_{(16)} = -0{,}3126E9_{(16)} \cdot 16^{-1}$.

Мантисса $3126E9_{(16)}$, характеристика $0111111_{(2)}$, содержимое старшего байта слова $1011\ 1111_{(2)} = BF_{(16)}$. Результат $BF3126E9_{(16)}$.

Форматы чисел с плавающей точкой показаны на рис. 3.6. Использование шестнадцатеричной системы счисления для представления чисел с плавающей точкой позволяет расширить их диапазон и сократить время операций сдвига, так как сдвиг осуществляется сразу на четыре разряда вправо или влево, что соответствует делению или умножению числа на $2^4 = 16$, и изменяет порядок числа на единицу в ту или другую сторону. Так автоматически нормализуется число с плавающей точкой. Числа с плавающей точкой могут размещаться в формате слова или двойного слова в ОП или в регистрах плавающей точки. Слово размещается в первой половине РПТ.

Рис. 3.6. Форматы чисел с плавающей точкой

В состав команд над числами с плавающей запятой включены команды: сложение и вычитание слов и двойных слов с нормализацией и без нормализации; умножение, деление, сравнение, загрузка слов и двойных слов и др.

Обработка чисел с плавающей точкой (рис. 3.7). Преобразование числовой информации в формат с плавающей точкой осуществляется программным путем. В зависимости от логики задачи программы преобразования выполняют переводы из упакованной десятичной формы в форму с плавающей точкой; из формы с фиксированной точкой в форму с плавающей точкой и соответствующие обратные переводы.

При выполнении операций с плавающей точкой фиксируется переполнение порядка и потеря значимости. В последнем случае значащие разряды числа оказываются за пределами поля, отведенного под мантиссу.

3.6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕСЯТИЧНЫХ ЧИСЕЛ

В ЕС ЭВМ предусмотрена возможность работать непосредственно в десятичной, привычной для человека СС.

Операций над десятичными числами используются программистом для тех видов обработки, где в промежутках между вводом и выводом данных выполняется небольшой объем вычислений. Такой вид обработки встречается в экономических расчетах. Применение здесь двоичной арифметики нерационально, так как на преобразование чисел из десятичной СС в двоичную и обратно тратится много времени, а сами расчеты достаточно просты.

Если каждую цифру числа, представленного в некоторой СС, перевести в другую СС и записать, то полученное представление числа называется смешанным. Примером является так называемая двоично-десятичная система счисления. Каждая десятичная цифра числа записывается в виде десятичного эквивалента. Под изображение цифры выделяется равное количество разрядов — четыре (тетрада). Код прямого замещения десятичных цифр их двоичными эквивалентами приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Десятичные цифры	0	1	2	3	4
Двоичные эквиваленты	0000	0001	0010	0011	0100
Десятичные цифры	5	6	7	8	9
Двоичные эквиваленты	0101	0110	0111	1000	1001

Пример. Представить десятичные числа в двоично-десятичной системе счисления.

а) $A_{(10)} = 1052$ $A_{(2/10)} = 0001\ 0000\ 0101\ 0010$;

б) $A_{(10)} = 2697$ $A_{(2/10)} = 0010\ 0110\ 1001\ 0111$;

в) $A_{(10)} = 8709$ $A_{(2/10)} = 1000\ 0111\ 0000\ 1001$.

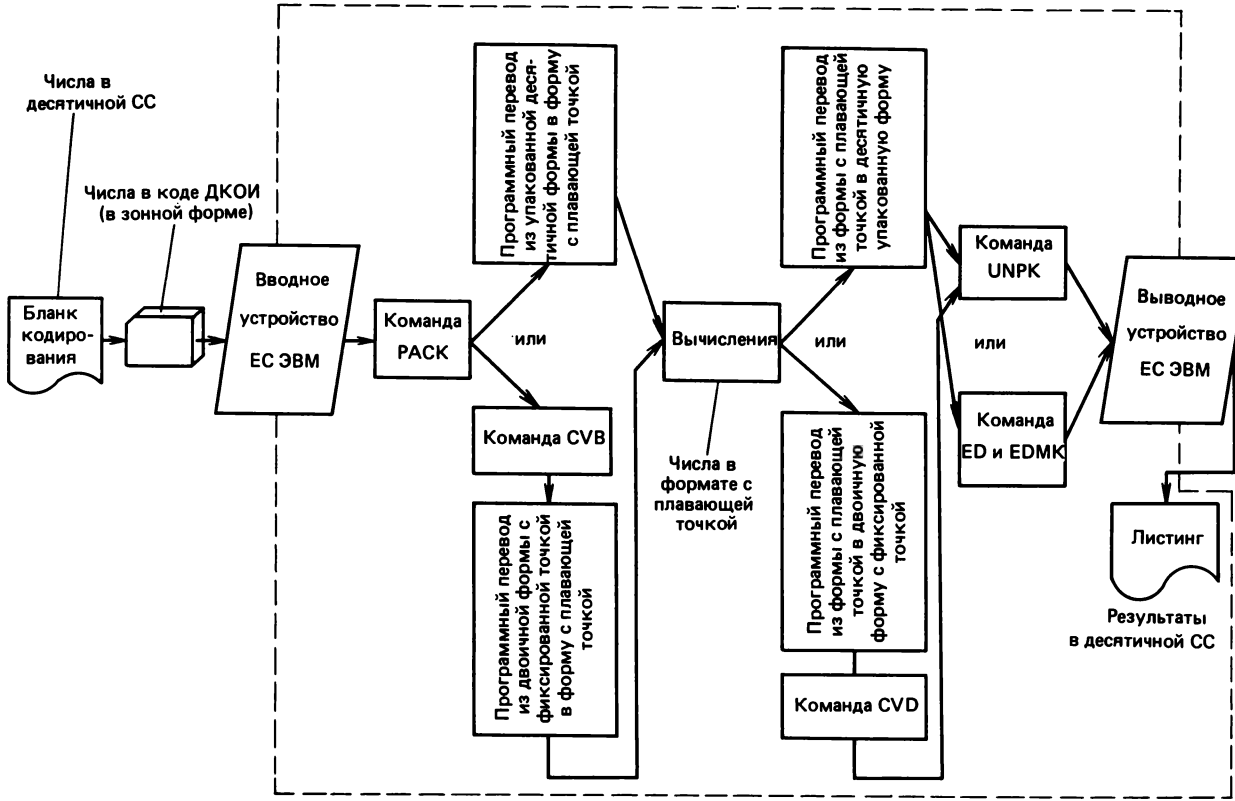


Рис. 3.7. Последовательность обработки чисел с плавающей точкой в ЕС ЭВМ

Для представления положительных и отрицательных чисел используют прямой код. Поэтому одна тетрада в разрядной сетке используется для кодирования знака.

Для размещения десятичных чисел в памяти ЭВМ применяют поле переменной длины. Для представления десятичных чисел в ЕС ЭВМ используется две формы: побайтная для ввода-вывода десятичных данных, и упакованная для арифметических операций.

Для ввода-вывода десятичных чисел каждая цифра размещается в младшей тетраде байта, а старшая тетрада заполняется двоичными единицами $1111_{(2)} = F_{(16)}$ и называется зоной. Поэтому такая форма представления десятичных чисел еще называется зонной. Код знака помещается в старшей тетраде младшего байта поля. Так как код цифры использует только десять комбинаций в тетраде, то для кодирования знака берутся две комбинации, соответствующие двоичным кодам $1100_{(2)} = C_{(16)}$ (знак "+") и $1101_{(2)} = D_{(16)}$ (знак "–"). Если в тетраде знака находится зона ($1111_{(2)} = F_{(16)}$), то число считается положительным.

Примеры.

1. Число 457 в зонной форме в поле длиной три байта имеет вид:

1111	0100	1111	0101	1100	0111

или равнозначно

1111	0100	1111	0101	1111	0111

2. Число 5678 в зонной форме в поле длиной четыре байта имеет вид:

1111	0101	1111	0110	1111	0111	1101	1000

Зонная форма используется и для хранения десятичной информации на машинных носителях.

Зонная форма представления десятичных чисел неэкономична, так как в каждом байте размещается только одна цифра, хотя умещаются две. Поэтому для выполнения арифметических операций употребляется другая форма, которая называется упакованной.

Максимальная длина поля для представления чисел в зонной и упакованной форме ограничена 16 байтами. В упакованной форме в каждом байте размещается по две цифры. Код знака заносится в младшую тетраду младшего байта поля. Таким образом, максимальное десятичное число имеет 31 разряд ($16 \times 2 - 1 = 31$).

Пример. Число 457 в упакованной форме занимает поле длиной 2 байта:

0100	0101	0111	1100

или

0100	0101	0111	1111

Длина переменного поля для представления упакованных десятичных чисел L меняется в пределах:

$$1 \leqslant L \leqslant 16.$$

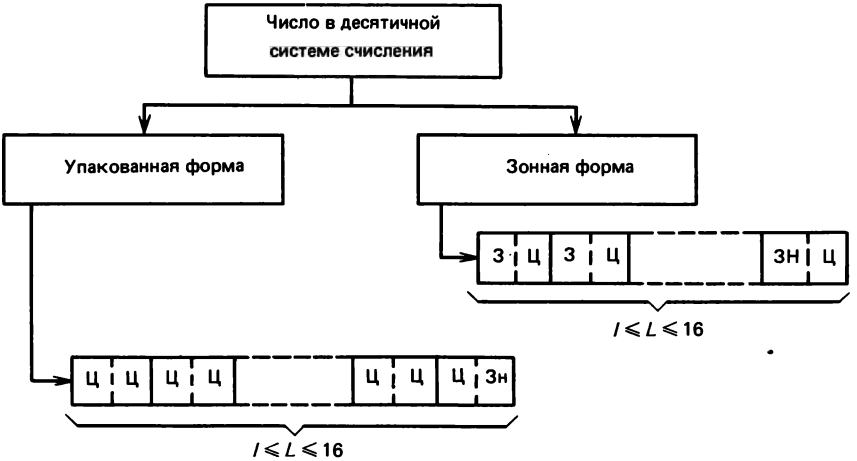


Рис. 3.8. Две формы представления десятичных чисел

На рис. 3.8 показаны обе формы представления десятичных чисел. В набор команд десятичных чисел входят команды преобразования чисел из зонной формы в упакованную и обратно. Все остальные команды работают только с числами, представленными в упакованной форме. Операнды находятся в ОП. Длина операндов задается в команде. Результат выполнения команды помещается на место первого операнда. В состав команд десятичных чисел включены сложение, вычитание, умножение, деление, сравнение, пересылка зон, пересылка цифр и др.

Обработка десятичных чисел (рис. 3.9). Десятичные числа, записанные на бланках, с помощью УПД заносятся на перфокарты в коде КПК-12 (см. § 4.2). С помощью устройства ввода с перфокарт числа автоматически преобразуются в зонную форму и вводятся в память ЭВМ или на другое внешнее устройство. Преобразование из зонной формы в упакованную осуществляется с помощью команды PACK (упаковать). Подробно о командах см. [4, 5]. Арифметические действия в ЦП производятся над числами в упакованной форме.

Десятичные числа обрабатываются как целые числа со знаком, размещенные в полях переменной длины. Если по логике задачи требуется произвести действия над десятичными дробями, то положение десятичной запятой фиксируется программным путем. Программист отводит определенное количество младших разрядов числа под дробные разряды.

Перед выводом результатов десятичных преобразований на внешние устройства числа преобразуются из упакованной формы в зонную с помощью команды UNPK (UNPacK — распаковать). Однако эта команда не всегда удобна, так как требует дополнительной работы программиста. Если знак числа нужно преобразовать в символ ДКОИ (см. § 4.4) или

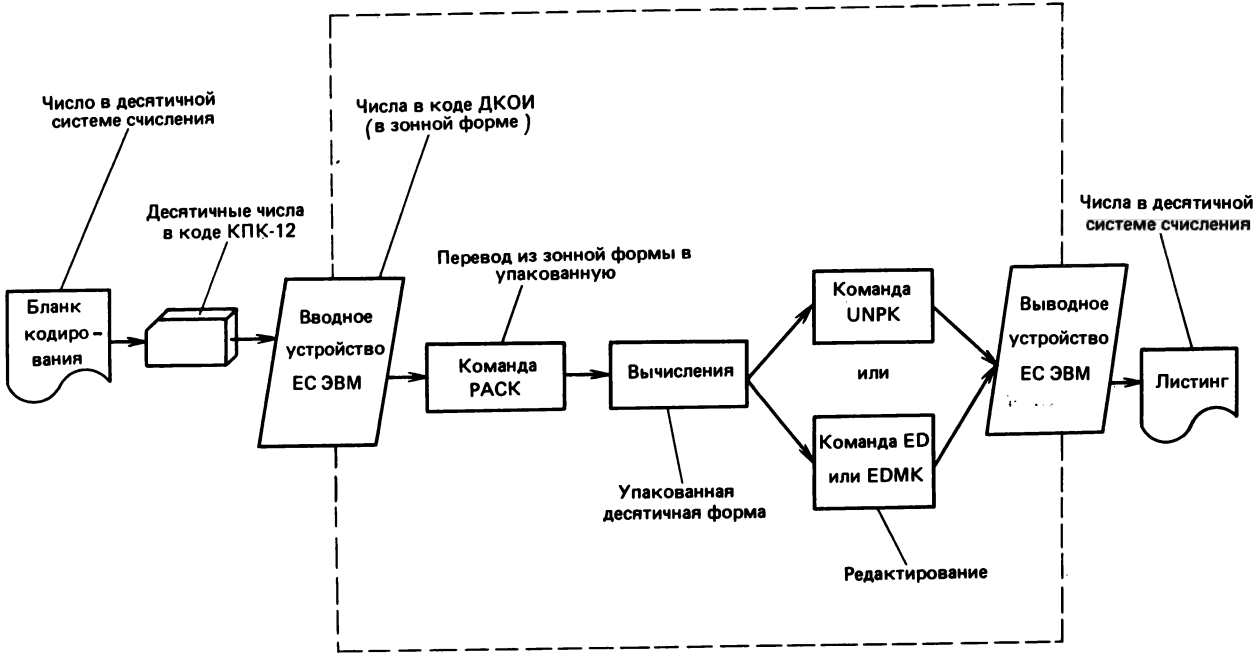


Рис. 3.9. Последовательность обработки десятичных чисел в ЕС ЭВМ

результатом вычислений являются, например, десятичные дроби, то в распечатке желательно указать положение десятичной точки и т.д. Поэтому в системе команд ЕС ЭВМ предусмотрены специальные команды редактирования десятичных чисел, которые кроме преобразования их в зонную форму, позволяют проставлять знак числа, десятичную запятую, пробелы и т.д. Это команды ED (EDit — редактировать) и EDMK (EDit and Mark — редактировать и отметить) [5]. Последнюю удобно использовать, когда требуется проставить некоторый символ перед числом.

3.7. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДЫ ЕЕ ОБРАБОТКИ

Целесообразно привести классификационную схему всей информации [3], обрабатываемой в вычислительной машине во время решения задач (рис. 3.10). Основное назначение схемы заключается в том, чтобы показать различия не только в форматах и формах, но и в назначении информации, и оказать помощь программисту при выборе информации для использования той или иной группы команд.

В вычислительной машине во время решения задач обрабатываются следующие виды информации:

системная, содержащая сведения о состоянии вычислительной машины, программы и устройств;

программная, содержащая алгоритм обработки;

логическая, числовая и текстовая, включающие исходные данные и результаты.

Независимо от вида информации в полях данных хранятся двоичные коды, которые интерпретируются машиной, как команды, числа или тексты в зависимости от того, какая операция выполняется. Многообразие форматов и форм представления информации позволяет решать на вычислительной машине разнообразные прикладные задачи: экономические, научные, управления и связи.

Модели ЕС ЭВМ могут выполнять арифметико-логическую обработку следующих видов информации:

логической информации, к которой относятся двоичные коды, размещенные в полях фиксированной и переменной длины. Двоичные коды фиксированной длины используют слова и двойные слова, переменной длины от 1 до 256 байт;

чисел с фиксированной точкой, которые размещаются в полях фиксированной длины: полусловах, словах и двойных словах;

чисел с плавающей точкой, которые размещаются в полях фиксированной длины: словах и двойных словах;

десятичных чисел, которые размещаются в полях переменной длины от 1 до 16 байт;

текстовой информации, которая размещается в полях переменной длины от 1 до 256 байт.

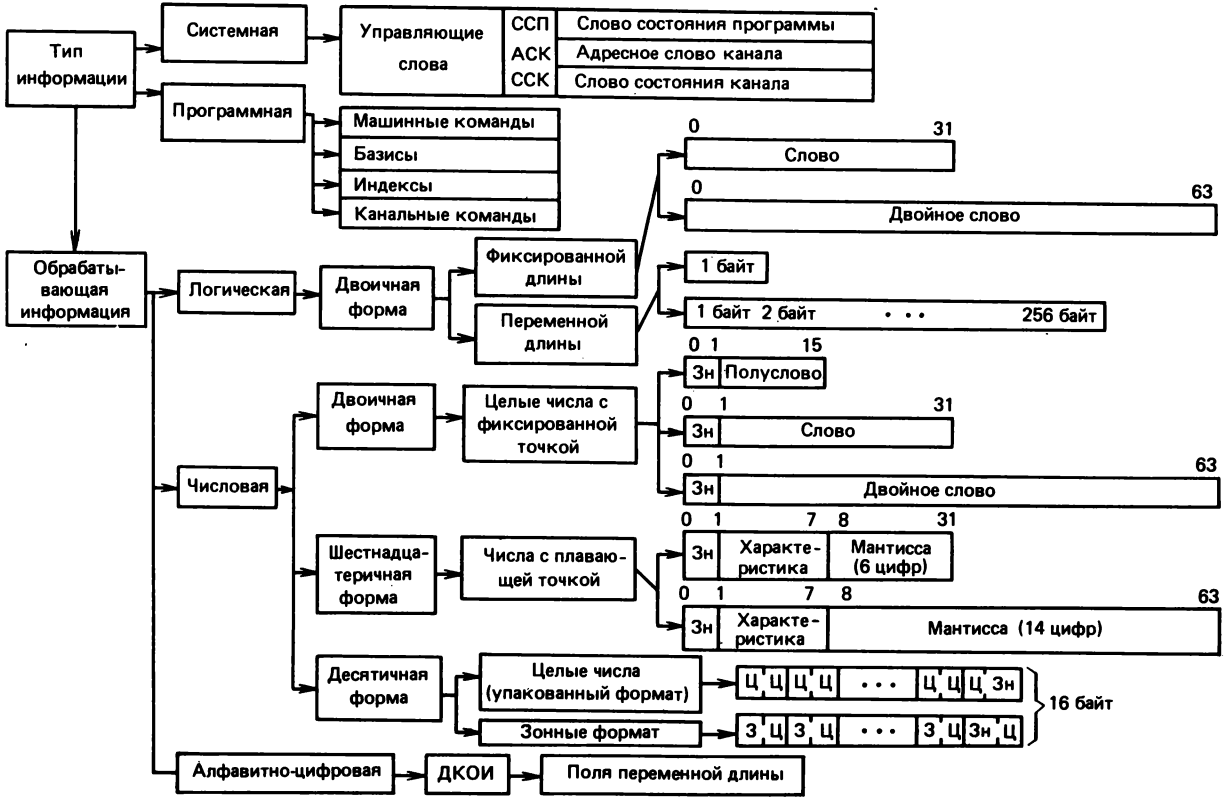


Рис. 3.10. Классификационная схема информации, обрабатываемой в ЕС ЭВМ

Логическая информация не является числовой, а рассматривается как разнообразные комбинации единиц и нулей в представляемом поле фиксированной или переменной длины. Логическая информация предназначена для различного рода логических преобразований в программе. В состав команд обработки логических данных включены команды: пересылки, записи, чтения (регистр — память), поразрядные логические операции (И, ИЛИ, исключающее ИЛИ), логическое сложение и вычитание, проверки по маске, перекодирование, редактирование и логические сдвиги [5].

В зависимости от размера фиксированного поля, в котором размещается та или иная информация, в операциях участвуют регистры ЦП.

В операциях с фиксированной точкой и логических операциях используются РОН (см. § 2.2), при выполнении операций сложения, умножения, деления и двойных сдвигов — пара РОН, которая образует двойное слово, причем старшие разряды находятся в регистре с четным номером, а младшие — в следующем регистре с нечетным номером. В командах, оперирующих с парой РОН, указывается номер четного регистра (рис. 3.11).

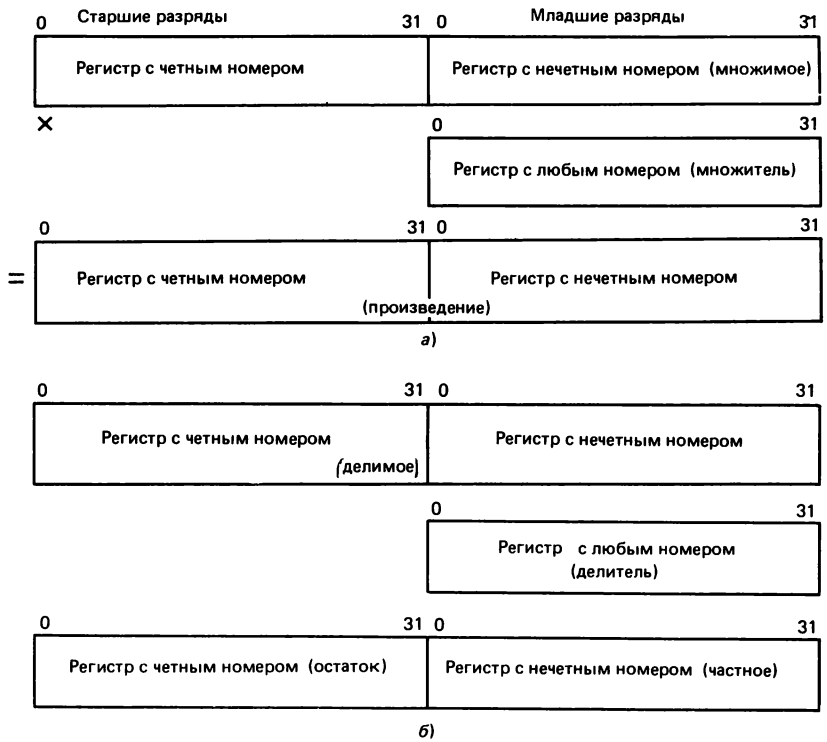


Рис. 3.11. Использование пары РОН в операциях умножения (*а*) и деления (*б*)

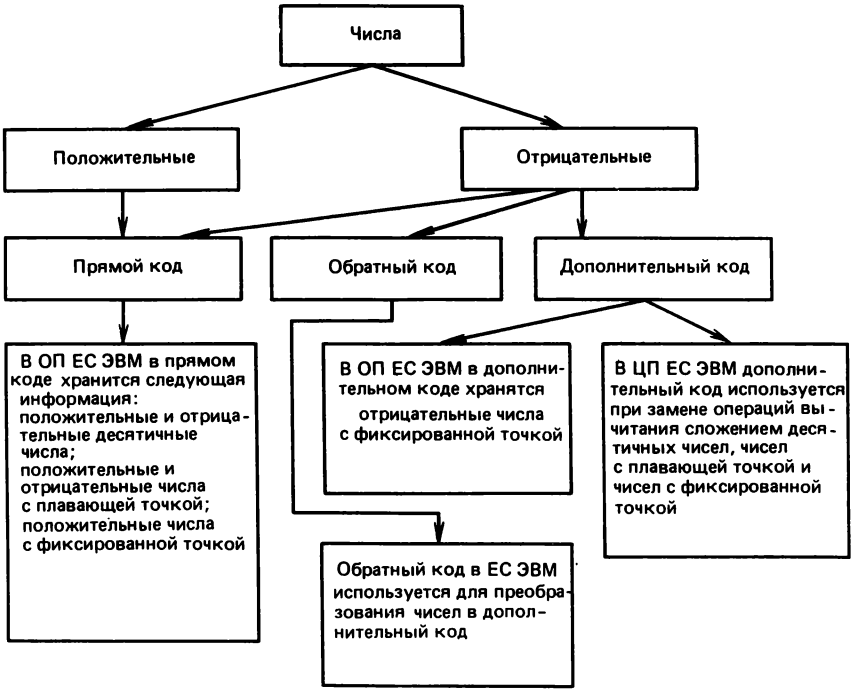


Рис. 3.12. Реализация машинных кодов в ЕС ЭВМ

Регистры РПТ применяются в операциях с плавающей точкой, причем короткие числа занимают левые 32 разряда РПТ, а длинные числа — весь РПТ. Информация в полях переменной длины (десятичные числа, логическая и текстовая информация) всегда размещаются в памяти ЭВМ, а действия над ними выполняются в блоке ОППД центрального процессора (см. рис. 2.3). Результаты обработки информации записываются в ОП, но в процессе вычислений могут храниться в регистрах ЦП. Это уменьшает количество обращений к ОП и сокращает время выполнения программы.

Реализация машинных кодов в ЕС ЭВМ. Для представления различного вида числовой информации в ЕС ЭВМ применяют прямой код, а именно: положительные и отрицательные десятичные числа, положительные и отрицательные мантиссы чисел с плавающей точкой, положительные числа с фиксированной точкой (рис. 3.12).

Дополнительный код применяется только для представления отрицательных чисел с фиксированной точкой. Обратный код используется в ЕС ЭВМ для преобразования чисел в дополнительный код.

Дополнительный и обратный коды применяются также в некоторых командах (например, выделение абсолютного значения числа, замена знака числа на противоположный).

ГЛАВА 4. СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СИМВОЛОВ

Информация на входе и выходе вычислительной машины представляется набором определенных символов, который служит для представления и управления данными. Состав символов, допустимых к использованию, в вычислительной технике определяется алфавитно-цифровыми наборами или алфавитами, которые строго регламентируются государственными стандартами. В ГОСТ 19767—74 даны наборы алфавитно-цифровых символов [6]. В нем учтены требования международного стандарта ИСО МС 646, который полностью соответствует стандарту СЭВ 359—76. Все символы можно разделить на два класса:

управляющие, которые инициируют, изменяют или останавливают управляющую функцию;

графические, предназначенные для представления данных. Графические символы делятся на подклассы: цифры; буквы прописные русские и латинские; буквы строчные русские и латинские; специальные знаки.

Классификация алфавитно-цифрового набора управляющих символов с их подклассами и характеристиками представлена на рис. 4.1 и в табл. 4.1. Перечень и назначение обязательных и рекомендуемых управляющих символов приведены соответственно в табл. 4.2, 4.3.

Рис. 4.1. Классификация алфавитно-цифрового набора символов

Таблица 4.1

Обозначение подклассов и символов		Наименование подклассов		Характеристики символов
русское	международное	русское	международное	
РИ (РФ, РГ, РЗ, РЭ)	IS	Разделитель информации	Jntormation Separator	Управляющие символы, предназначенные для логического разделения и организации данных
СП (СП1, СП2, СП3)	CU	Символ пользователя	Customer Use	Управляющие символы, предназначенные для специального их применения пользователем
СР (АР1, АР2, ВХ, ВЫХ)	EC	Символ расширения	Extention Character	Управляющие символы, предназначенные для расширения функций управляющих символов и (или) номенклатуры графических символов, а также для организации многостраничных кодовых таблиц с различным количеством битов
СС (КБ, КП, КТ, КТМ, НЗ, НТ, НЕТ, ДА, СИН)	TC	Символы связи	Transmission Control	Управляющие символы, предназначенные для управления аппаратурой передачи данных и организации структуры данных, передаваемых по линиям связи
СФ (ВК, ВТ, ВШ, ТТ, ПС, НС, ПФ)	FE	Символ формата	Format Effector	Управляющие символы, предназначенные для управления расположением информации на носителях посредством печатающих устройств или на дисплеях
СУ (СТП, СУ4, СУ1, СУ2, СУ3)	DC	Символ устройства	Device Control	Управляющие символы, предназначенные для управления местным или удаленным устройством (устройствами), подсоединенными к системам телеобработки или обработки данных

Таблица 4.2

Обозначение		Наименование	
русское	международное	русское	международное
АН	CAN	Аннулирование	CANcel
АР1* (СС7)	DLE*(TC7)	Авторегистр 1	Data Link
АР2 (СР3)	ESC (EC3)	Авторегистр 2	ESCape
ВК (С05)	CR (FE5)	Возврат каретки	Carriage Reture
ВТ (С03)	VT (FE3)	Вертикальная табуляция	Vertical Tabulation
ВХ (СР1)	S1 (EC1)	Вход	Shift-in
ВШ (СФØ)	BS (FEØ)	Возврат на шаг	Back Space
ВЫХ (СР2)	S0 (EC2)	Выход	Shift-Out
ГТ (С01)	HT (FE1)	Горизонтальная табуляция	Horizontal Tabulation
ДА (СС6)	ACK (TC6)	Подтверждение	ACKnowledge
ЗБ	DEL	Забой	DELete
ЗМ	SUB	Замена	SUB stitute
ЗВ	BEL	Звонок	BELe
КБ (ССІØ)	ETC (TCIØ)	Конец блока	End of Transmission Block
КН	EM	Конец носителя	End of Medium
КП (СС4)	EOT (TC4)	Конец передачи	End Of Transmission
КТ (СС3)	ETX (TC3)	Конец текста	End of TeXt
КТМ (ТС5)	ENQ (TC5)	Кто там?	ENQuiry
НЕТ (СС8)	NAK (TC8)	Отрицание	Negative
НЗ (СС1)	SOH (TC1)	Начало заголовка	Start Of Heading
НТ (СС2)	STX (TC2)	Начало текста	Start of TeXt
ПС (С02)	LF (FE2)	Перевод строки	Line Feed
ПУС	NUL	Пусто	NULe
ПФ (С04)	FF (FE4)	Перевод формата	Form Feed

Окончание табл. 4.2

Обозначение		Наименование	
русское	международное	русское	международное
РГ (РИ3)	GS (IS3)	Разделитель групп	Group Separator
РЗ (РИ2)	RS (IS2)	Разделитель записей	Record Separator
РФ (РИ4)	FS (IS4)	Разделитель файлов	File Separator
РЭ (РИ1)	US (IS1)	Разделитель элементов	Unit Separator
СИН (СС9)	SYN (TC9)	Синхронизация	Synchronous Idle
СТП (СУ4)	STOP (DC4)	Стоп	STOP
(СУ1, СУ2, СУ3)	DC1, DC2, DC3	Символы устройств	Device Control

Примечания: 1. В скобках даны соответствующие обобщенные обозначения символов с цифровым индексом, указывающим порядковый номер этого символа в данном подклассе.

2. Знаком * обозначен управляющий символ связи (СС), одновременно являющийся символом расширения (СР).

Таблица 4.3

Обозначение		Наименование	
русское	международное	русское	международное
БК	BYP	Блокировка	BYPass
ВКП	PN	Включение перфоратора	PuNch On
ВП	UC	Верхнее положение	Upper Case
ВСТ	RES	Восстановление	REStore
ВЦФ	DS	Выбор цифры	Digit Select
ВЫП	PF	Выключение перфоратора	Punch OFf
НЗН	SOS	Начало значимости	Start Of Significane
НП	LC	Нижнее положение	Lower Case
НРВ	SMM	Начало ручного ввода	Start of Manual Message
НС	NL	Новая строка	New Line
ОЖД	IL	Ожидание	IdLe
ОСУ	RS	Останов считывающего устройства	Reader Stop
РП	FS	Разделитель полей	Field Separator
СП1	CU1	Символ пользователя 1	Customer Use 1
СП2	CU2	Символ пользователя 2	Customer Use 2
СП3	CU3	Символ пользователя 3	Customer Use 3
УР	SM	Установление режима	Set Mode
УКК	CC	Управление указанием	Cursor Control

Управляющие символы (табл. 4.1) разделены на следующие подклассы: символы — разделители информации (РИ); символы пользователей (СП); символы расширения (СР); символы связи (СС); символы формата (СФ); символы устройства (СУ).

Алфавит ЕС ЭВМ дополнительно к международному содержит 32 управляющих символа с кодами (Д00 — Д31). Поясним назначение отдельных управляющих символов.

Символы разделителя информации РИ вводятся в конце определенной части информации. Различают разделители файлов (РФ), групп (РГ), записей (РЗ) и элементов (РЭ) [9].

Символы расширения СР служат для расширения набора стандартных символов кода:

АР1 — "авторегистр 1", позволяет изменить значение ограниченного числа следующих за ним комбинаций, относящихся к графическим символам связи;

АР2 — "авторегистр 2", изменяет значение одной следующей за ним кодовой комбинации в соответствии с предварительной договоренностью между абонентами;

ВХ — "вход" в семиразрядных кодах, определяет работу с латинским алфавитом;

ВЫХ — "выход", обеспечивает работу с русским алфавитом.

Символы связи СС служат для управления при установлении связи и определения форматов передаваемых данных:

КБ — "конец блока", означает конец очередного блока данных;

КП "конец передачи" данных;

КТ — "конец текста", означает конец сообщения;

КТМ — "кто там?", служит для запроса названия или состояния передающей станции;

НЗ — "начало заголовка", служит для обозначения заголовка сообщения;

НТ — "начало текста", означает начало сообщения;

НЕТ — "отрицание", отрицательный ответ;

ДА — "подтверждение", положительный ответ;

СИН — "синхронизация", используется в синхронных системах для поддержания синхронизма между установками при отсутствии передачи других символов;

ПУС — "пусто", приводит к заполнению носителя информацией без ее изменения.

Символы формата СФ служат для управления устройствами при приеме и передаче данных:

ВК — "возврат каретки", обратное перемещение каретки без смены строки;

ВТ — "вертикальная табуляция", управляет перемещением позиции печати к следующей строке;

ВШ — "возврат на шаг", приводит к перемещению назад на одну позицию вдоль строки;

ГТ — "горизонтальная табуляция", управляет перемещением позиции печати вдоль строки;

ПС "перевод строки";

НС — "новая строка";

ПФ — "перевод формата", управляет перемещением позиции печати и заранее определенной начальной строки следующего формата.

Символы устройства СУ служат для управления местным или удаленным устройством:

СТП — "стоп", служит для остановки и выключения дополнительных устройств;

СУ1 — СУ3 — определяет функции управления дополнительных устройств аппаратуры данных.

Номенклатура графических символов следующая:

Цифры: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Допускается цифру нуль изображать знаком "Ø".

Русские буквы

Прописные: А, Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж, З, И, Й, К, Л М, Н, О, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ь, Э, Ю, Я.

Строчные: а, б, в, г, д, е, ё, ж, з, и, й, к, л, м, н, о, п, р, с, т, у, ф, х, ц, ч, ш, щ, ъ, ы, ь, э, ю, я.

Латинские буквы

Прописные: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

Строчные: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z.

Обозначения и наименования специальных символов приведено в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Специальные символы			
обозначение	наименование	обозначение	наименование
	Пробел	;	Точка с запятой
!	Восклицательный знак	<	Меньше
"	Кавычки	=	Равно
#	Номер	>	Больше
¤	Знак денежной единицы	?	Вопросительный знак
%	Процент	@	Коммерческое ЭТ
&	Коммерческое И	[	Квадратная скобка левая
' (')	Апостроф	\	Обратная дробная черта
(	Круглая скобка левая	]	Квадратная скобка правая
)	Круглая скобка правая	¬ (^)	Логическое НЕ (стрелка вверх)
*	Звездочка	_	Подчеркивание
+	Плюс	`	Слабое ударение
,	Запятая	{	Фигурная скобка левая
–	Минус	|	Вертикальная черта
.	Точка	}	Фигурная скобка правая
/	Дробная черта	‾	Черта сверху
:	Двоеточие		

Стандартом устанавливается пять различных наборов символов (управляющие, цифры, буквы латинские, буквы русские и специальные знаки), в каждый из которых обязательно должны входить все управляющие символы, цифры и специальные знаки (табл. 4.5). Знак "+" означает наличие соответствующих символов в наборе. Набор 3 содержит полный алфавит. Набор 4 используется для представления цифровой информации и управления, в его состав входят только цифры, специальные знаки и управляющие символы. Допускается в набор не включать следующие специальные знаки: " [ ] { } _ ‾ | ^ \.

Таблица 4.5

Символы	Наборы				
	0	1	2	3	4
Управляющие	+	+	+	+	+
Цифры	+	+	+	+	+
Буквы латинские прописные	+	–	+	+	–

Окончание табл. 4.5

Символы	Наборы				
	0	1	2	3	4
Буквы латинские строчные	+	—	—	+	—
Буквы русские прописные	—	+	+	+	—
Буквы русские строчные	—	+	—	+	—
Специальные знаки	+	+	+	+	+

Для представления символьной информации в ЕС ЭВМ используются следующие системы кодирования [7]:

1) КПК-12 — код представления данных на перфокартах;

2) ДКОИ — двоичный код обмена информацией, внутренний код ЕС ЭВМ;

3) КОИ-8 — восьмибитный код для обмена информацией;

4) КОИ-7 — семибитный код для передачи данных по линиям связи (телефонным и телеграфным) на удаленные объекты.

4.2. КОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ НА ПЕРФОКАРТАХ КПК-12

Код КПК-12 предназначен для представления алфавитно-цифрового набора символов на 12-позиционных перфокартах для устройств ввода-вывода ЭВМ. В каждой колонке перфокарты записывается один символ кода КПК-12. Позиции колонки нумеруются числами 12—11—0—1—2—3—4—5—6—7—8—9.

На код КПК-12 распространяется ГОСТ 19769—74. В нем учтены требования международного стандарта ИСО МС 2021. ГОСТ 19769—74 полностью соответствует стандарту СЭВ 357—76.

Кодовая таблица КПК-12 приведена в табл. 4.6. В ней русские прописные и строчные буквы А В Е К М Н О Р С Т Х а е о р с у х (отмеченные знаком *) принимают коды сходных по написанию латинских прописных и строчных букв в том случае, если их шрифты взаимно неотличимы [6]. Кодовая таблица КПК-12 представляет собой матрицу из 16 столбцов и 16 строк (256 кодовых позиций). Столбцы и строки таблицы пронумерованы десятичными цифрами от 0 до 15. Таблица разделена на две части: левую (столбцы 0 — 7), правую (столбцы 8—15).

В левом и правом крайних столбцах, а также в верхней строке приведены кодовые комбинации, указывающие на номера позиций в колонке перфокарты, в которых должны быть пробивки. Управляющие символы в кодовых позициях таблицы указаны в виде их условных обозначений, а графические символы — в виде их изображений. Любая кодовая позиция таблицы определяется дробным числом, числителем которого является порядковый номер столбца, а знаменателем — порядковый номер строки. Например, D — 0/4; h — 4/8.

Таблица 4.6

		12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	
	№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	0	&	–	0	Про-бел	{	|	}					\	ц	й	я	ь	8–1
1	1	A	J	/	1	a	j	‾	ы	НЗ	СУ1	Д01	Д17			Д31		9–1
2	2	B	K	S	2	b	k	s	з	НТ	СУ2	Д02	СИН					9–2
3	3	C	L	T	3	c	l	t	ш	КТ	СУ3	Д03	Д19					9–3
4	4	D	M	U	4	d	m	u	э	Д28	Д29	Д04	Д20					9–4
5	5	E	N	V	5	e	n	v	щ	ГТ	Д05	ПС	Д21					9 –5
6	6	F	O	W	6	f	o	w	ч	Д06	ВШ	КБ	Д22				ю	9–6
7	7	G	P	X	7	g	p	x	ъ		Д07	АР2	КП				а*	9–7
8	8	H	Q	Y	8	h	q	y	Ю	Д23	АН	Д08	Д24				б	9–8
9	9	I	R	Z	9	i	r	z	А*	Д13	КН	Д09	Д25	ПУС	АР1	Д00	Д16	9–8– 1
8–2	10	[	]	\	:	д	к	р*	Б	Д14	Д18	Д10	Д26	Х*	Н*	Т*	З	9–8–2
8–3	11	.	¤	,	#	е*	л	с*	Ц	ВТ	Д15	Д11	Д27	И	О*	У	Ш	9–8–3
8–4	12	<	*	%	@	ф	м	т	Д	ПФ	РФ	Д12	СТП	Й	П	Ж	Э	9–8–4
8–5	13	(	)	–	′	г	н	у*	Е*	ВК	РГ	КТМ	НЕТ	К*	Я	В*	Щ	9–8–5
8–6	14	+	;	>	=	х*	о*	ж	Ф	ВЫХ	РЗ	ДА	Д30	Л	Р*	Ь	Ч	9–8–6
8–7	15	!	¬	?	"	и	п	в	Г	ВХ	РЭ	ЗВ	ЗМ	М*	С*	Ы	ЗБ	9–8–7

Примечания: 1) в кодовой позиции 1/15 допускается знак „Λ" (стрелка вверх);
2) в кодовой позиции 7/7 допускается прописная буква „Ъ";
3) контуром обведены прописные и строчные латинские буквы.

Любой символ таблицы определяется как кодовой позицией, так и кодовой комбинацией — кодом. В кодовой таблице КПК-12 коды обозначаются последовательностью перфорируемых позиций колонки перфокарты — номеров, отделенных друг от друга дефисом. Например, код прописной буквы Ш (кодовая позиция 15/11) : 12—11—0—9—8—3. Коды символов в таблице КПК-12 определяются верхней и левой кодовой комбинацией для символов из левой части таблицы.

Знак "; " (точка с запятой) определяется: кодовой позицией 1/14, кодовой комбинацией 11—8—6; верхней и правой кодовой комбинацией для символов из правой части таблицы.

Управляющий символ ПУС (пусто) определяется кодовой позицией 12/9 или кодовой комбинацией 12—0—9—8—1.

Обозначения и наименования специальных символов и их кодовых позиций даны в табл. 4.7, обозначения и наименования дополнительных управляющих символов, их кодовых позиций и обобщенные обозначения с цифровыми индексами — в табл. 4.8.

Таблица 4.7

Позиции КПК-12	Специальные символы	
	обозначение	наименование
3/0		Пробел
0/15	!	Восклицательный знак
3/15	"	Кавычки
3/11	#	Номер
1/11	¤	Знак денежной единицы
2/12	%	Процент
0/0	&	Коммерческое И
3/13	'(')	Апостроф
0/13	(	Круглая скобка левая
1/13	)	Круглая скобка правая
1/12	*	Звездочка
0/14	+	Плюс
2/11	,	Запятая
1/0	—	Минус
0/11	.	Точка
2/1	/	Дробная черта
3/10	:	Двоеточие
1/14	;	Точка с запятой
0/12	<	Меньше
3/14	=	Равно
2/14	>	Больше
2/15	?	Вопросительный знак
3/12	@	Коммерческое ЭТ
0/10	[	Квадратная скобка левая
2/10	\	Обратная дробная черта
1/10	]	Квадратная скобка правая

Окончание табл. 4.7

Позиции КПК-12	Специальные символы	
	обозначение	наименование
1/15	¬ (^)	Логическое НЕ (стрелка вверх)
2/13	_	Подчеркивание
11/0	`	Слабое ударение
4/0	{	Фигурная скобка левая
5/0	|	Вертикальная черта
6/0	}	Фигурная скобка правая
6/1	‾	Черта сверху

Таблица 4.8

Позиции КПК-12	Обозначение символов		Наименование
	обобщенное	сокращенное	
14/9	Д00	ВЦФ	Выбор цифры
10/1	Д01	НЗН	Начало значимости
10/2	Д02	РП	Разделитель полей
10/3	Д03*	—	—
10/4	Д04	БК	Блокировка
9/5	Д05	НС	Новая строка
8/6	Д06	НП	Нижнее положение
9/7	Д07	ОЖД	Ожидание
10/8	Д08*	—	—
10/9	Д09*	—	—
10/10	Д10	УР	Установление регистра
10/11	Д11	СП2	Символ пользователя 2
10/12	Д12*	—	—
8/9	Д13*	—	—
8/10	Д14	НРВ	Начало ручного ввода
9/11	Д15	СП1	Символ пользователя 1
15/9	Д16*	—	—
11/1	Д17*	—	—
9/10	Д18	УУК	Уравнение указателя
11/3	Д19*	—	—
11/4	Д20	ВКП	Включение перфоратора
11/5	Д21	ОСУ	Останов считывающего устройства
11/6	Д22	ВП	Верхнее положение
8/8	Д23*	—	—
11/8	Д24*	—	—
11/9	Д25*	—	—
11/10	Д26*	—	—
11/11	Д27	СП3	Символ пользователя

Позиции КПК-12	Обозначение символов		Наименование
	обобщенное	сокращенное	
8/4	Д28	ВЫП	Выключение перфоратора
9/4	Д29	ВСТ	Восстановление
11/14	Д30*	—	—
14/1	Д31*	—	—

* Резервная позиция.

На рис. 4.2 показано расположение символов в коде КПК-12 на перфокарте. В каждой колонке перфокарты кодируется один символ. Код символа содержит от 1 до 6 пробивок. Перфокарта содержит 80 колонок и 12 строк. Код перфокарты разработан так, чтобы не было скопления пробивок в какой-то одной части перфокарты. Считывание информации с перфокарты производится поколонно слева направо.

В блоке управления устройства ввода с перфокарт предусмотрены два режима чтения: с кодопреобразователем и без кодопреобразователя. При чтении информации с кодопреобразователем каждый символ перекодируется в символ ДКОИ (см. табл. 4.14). Одновременно осуществляется контроль перфокарточного кода на соответствие комбинации пробивок. Если комбинация пробивок не соответствует ни одному символу, схемами блока управления фиксируется ошибка [5].

При чтении информации без кодопреобразователя информация одной колонки помещается в два последовательных байта памяти, причем пробивке соответствует двоичная 1, отсутствию пробивки — двоичный 0. Позиции 12, 11, 0, 1, 2, 3 считывается во (2—7)-й биты левого байта, позиции 4, 5, 6, 7, 8, 9 — во (2—7)-й биты правого байта. Биты 0 и 1 каждого байта содержат нули.

4.3. СЕМИБИТНЫЙ КОД ДЛЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ КОИ-7

На двоичный семибитный код, предназначенный для представления алфавитно-цифровой информации на входах и выходах аппаратуры передачи данных на удаленные объекты электронных вычислительных машин, распространяется ГОСТ 13052—74 [6]. Он применяется в системе телеобработки для передачи информации по линиям связи и нанесении ее на перфоленты. Наименования обозначения и определения символов КОИ-7 соответствуют ГОСТ 19767—74.

При разработке кода учтены требования рекомендаций по стандартизации ИСО/Р 646. Кодирование символов латинского алфавита приведено в табл. 4.9 (латинский регистр КОИ-7Н), кодирование символов русского алфавита — в табл. 4.10 (русский регистр КОИ-7$Н_1$), кодирование дополнительных управляющих символов — в табл. 4.11 (КОИ-7$С_1$).

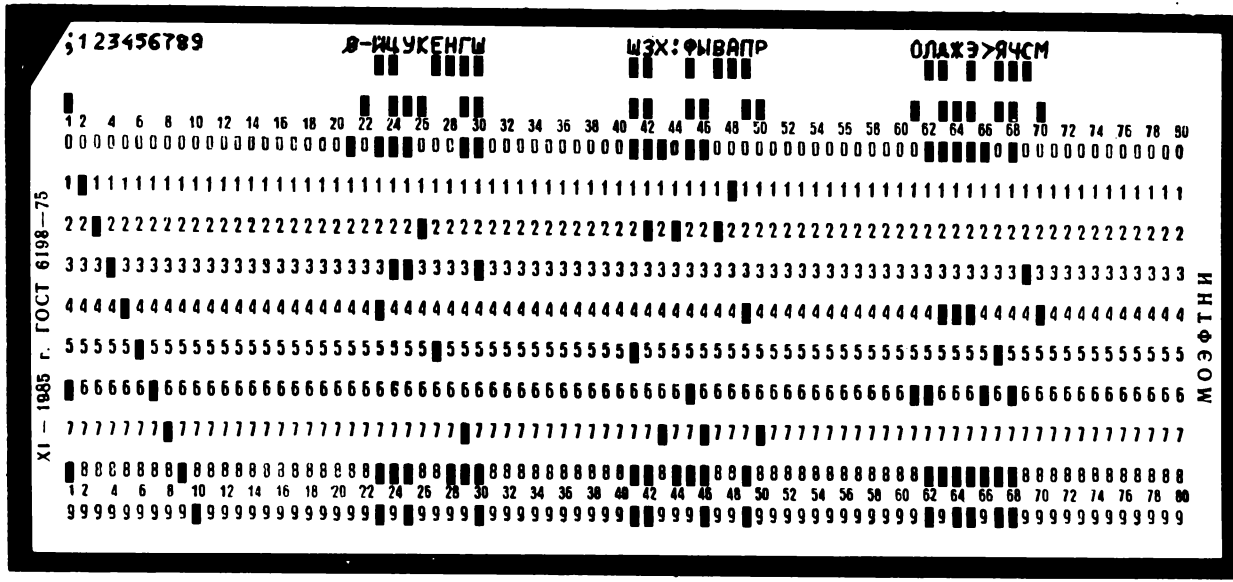


Рис. 4.2. Примеры кодирования символов в коде КПК-12 на перфокарте

Таблица 4.9

Номера разрядов

							Латинский алфавит								
							$б_7$	0	0	0	0	1	1	1	1
							$б_6$	0	0	1	1	0	0	1	1
							$б_5$	0	1	0	1	0	1	0	1
$б_7$	$б_6$	$б_5$	$б_4$	$б_3$	$б_2$	$б_1$	№	0	1	2	3	4	5	6	7
			0	0	0	0	0	ПУС	АР1	Про-бел	0	@	P	`	p
			0	0	0	1	1	НЗ	(СУ1)	!	1	A	Q	a	q
			0	0	1	0	2	НТ	(СУ2)	"	2	B	R	b	r
			0	0	1	1	3	КТ	(СУ3)	#	3	C	S	c	s
			0	1	0	0	4	КП	СТП	¤	4	D	T	d	t
			0	1	0	1	5	КТМ	НЕТ	%	5	E	U	e	u
			0	1	1	0	6	ДА	СИН	&	6	F	V	f	v
			0	1	1	1	7	ЗВ	КБ	'	7	G	W	g	w
			1	0	0	0	8	ВШ	АН	(	8	H	X	h	x
			1	0	0	1	9	ГТ	КН	)	9	I	Y	i	y
			1	0	1	0	10	ПС	ЗМ	*	:	J	Z	j	z
			1	0	1	1	11	ВТ	АР2	+	;	K	[	k	{
			1	1	0	0	12	ПФ	РФ	,	<	L	\	l	|
			1	1	0	1	13	ВК	РГ	–	=	M	]	m	}
			1	1	1	0	14	ВЫХ	РЗ	.	>	N	¬	n	¯
			1	1	1	1	15	ВХ	РЭ	/	?	O	–	o	ЗБ

Примечания: 1) в кодовой позиции 5/14 допускается знак „Λ" (стрелка вверх);
2) контуром обведены прописные латинские буквы.

Строки и столбцы табл. 4.9 и 4.10 пронумерованы десятичными числами от 0 до 7 и от 0 до 15 соответственно. Кодовая позиция табл. 4.9, 4.10, 4.11 определяется дробным числом, числителем которого является номер столбца, а знаменателем — номер строки.

Например: КТМ — 0/5, 1 — 3/1, ОЖД — 4/7.

Символ таблицы может определяться как дробным числом, так и кодовой комбинацией, обозначенной $б_7 б_6 б_5 б_4 б_3 б_2 б_1$, где буква "б" с цифровым индексом указывает его порядковый номер в кодовой комбинации. Биты в кодовой комбинации имеют соответственно следующие веса:

биты — $б_7 б_6 б_5 б_4 б_3 б_2 б_1$

веса — $2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$

Старшие три бита кодовой комбинации $б_7 б_6 б_5$ изображены над порядковым номером столбца таблицы, а остальные четыре $б_4 б_3 б_2 б_1$ — рядом с порядковым номером строки.

Таблица 4.10

								Русский алфавит									
								$б_7$	0	0	0	0	1	1	1	1
								$б_6$	0	0	1	1	0	0	1	1
								$б_5$	0	1	0	1	0	1	0	1
$б_7$	$б_6$	$б_5$	$б_4$	$б_3$	$б_2$	$б_1$		№	0	1	2	3	4	5	6	7
			0	0	0	0		0	ПУС	АР1	Про-бел	0	ю	п	Ю	П
			0	0	0	1		1	НЗ	СУ1	!	1	а	я	А	Я
			0	0	1	0		2	НТ	СУ2	"	2	б	р	Б	Р
			0	0	1	1		3	КТ	СУ3	#	3	ц	с	Ц	С
			0	1	0	0		4	КП	СТП	¤	4	д	т	Д	Т
			0	1	0	1		5	КТМ	НЕТ	%	5	е	у	Е	У
			0	1	1	0		6	ДА	СИН	&	6	ф	ж	Ф	Ж
			0	1	1	1		7	ЗВ	КБ	'	7	г	в	Г	В
			1	0	0	0		8	ВШ	АН	(	8	х	ь	Х	Ь
			1	0	0	1		9	ГТ	КН	)	9	и	ы	И	Ы
			1	0	1	0		10	ПС	ЗМ	*	:	й	з	Й	З
			1	0	1	1		11	ВТ	АР2	+	;	к	ш	К	Ш
			1	1	0	0		12	ПФ	РФ	,	<	л	э	Л	Э
			1	1	0	1		13	ВК	РГ	–	=	м	щ	М	Щ
			1	1	1	0		14	ВЫХ	РЗ	.		н	ч	Н	Ч
			1	1	1	1		15	ВХ	РЭ	/	?	о	ъ	О	ЗБ

Примечания: 1) в кодовой позиции 5/15 допускается прописная буква „Ъ" или „–" подчеркивание;
2) контуром обведены прописные русские буквы.

Таблица 4.9 содержит 128 символов международного алфавитно-цифрового набора: в кодовых позициях столбцов 0 – 1 и в позициях 7/15 – обязательные управляющие символы; в кодовых позициях столбцов 2 – 3 – специальные графические знаки и цифры; в кодовых позициях столбцов 4 – 7 – прописные и строчные буквы латинского алфавита.

Табл. 4.10 содержит в кодовых позициях столбцов 0 – 3 символы, соответствующие символам столбцов 0 – 3 табл. 4.8. В столбцах 4 – 7 – прописные и строчные буквы русского алфавита.

Табл. 4.11 содержит дополнительные управляющие символы. В резервных кодовых позициях даны обобщенные обозначения резервных символов с цифровыми индексами, указывающими порядковые номера этих символов в кодовой таблице (Д03, Д08, Д09 и др.).

Кодовые позиции, обозначение и наименование специальных знаков табл. 4.9 и 4.10 приведены в табл. 4.12.

Рекомендуемые управляющие символы с их обобщенными обозначениями, показывающими порядковый номер символа в кодовой табл. 4.11, приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.11

$б_7$	1	1
$б_6$	0	0
$б_5$	0	1

$б_7$	$б_6$	$б_5$	$б_4$	$б_3$	$б_2$	$б_1$	№	4	5
			0	0	0	0	0	ВЦФ	Д16
			0	0	0	1	1	НЗН	Д17
			0	0	1	0	2	РП	УУК
			0	0	1	1	3	Д03	Д19
			0	1	0	0	4	БК	ВКП
			0	1	0	1	5	НС	ОСУ
			0	1	1	0	6	НП	ВП
			0	1	1	1	7	ОЖД	Д23
			1	0	0	0	8	Д08	Д24
			1	0	0	1	9	Д09	Д25
			1	0	1	0	10	УР	Д26
			1	0	1	1	11	СП2	СП3
			1	1	0	0	12	Д12	ВЫП
			1	1	0	1	13	ДВ	ВСТ
			1	1	1	0	14	НРВ	Д30
			1	1	1	1	15	СП1	Д31

Таблица 4.12

Позиции знаков в кодовых таблицах КОИ-7Н$_0$, КОИ-7Н$_1$	Знаки	
	обозначение	наименование
2/0		Пробел
2/1	!	Восклицательный знак
2/2	”	Кавычки
2/3	#	Номер
2/4	¤	Знак денежной единицы
2/5	%	Процент
2/6	&	Коммерческое И
2/7	’(’)	Апостроф
2/8	(	Круглая скобка левая
2/9	)	Круглая скобка правая
2/10	*	Звездочка

Окончание табл. 4.12

Позиции знаков в кодовых таблицах КОИ-7Н$_0$, КОИ-7Н$_1$	Знаки	
	обозначение	наименование
2/11	+	Плюс
2/12	,	Запятая
2/13	—	Минус
2/14	.	Точка
2/15	/	Дробная черта
3/10	:	Двоеточие
3/11	;	Точка с запятой
3/12	<	Меньше
3/13	=	Равно
3/14	>	Больше
3/15	?	Вопросительный знак
4/0	@	Коммерческое ЭТ
5/11	[	Квадратная скобка левая
5/12	\	Обратная дробная черта
5/13	]	Квадратная скобка правая
5/14	¬(∧)	Логическое НЕ (стрелка вверх)
5/15	_	Подчеркивание
6/0	`	Слабое ударение
7/11	{	Фигурная скобка левая
7/12	|	Вертикальная черта
7/13	}	Фигурная скобка правая
7/14	‾	Черта сверху

Таблица 4.13

Позиции символов в кодовой таблице КОИ-7С	Символы		
	Обозначение		Наименование
	обобщенное	сокращенное	
4/0	Д00	ВЦФ	Выбор цифры
4/1	Д01	НЗН	Начало значимости
4/2	Д02	РП	Разделитель полей
4/3	Д03*	—	—
4/4	Д04	НС	Новая строка
4/6	Д06	НП	Нижнее положение
4/7	Д07	ОЖД	Ожидание
4/8	Д08*	—	—
4/9	Д09*	—	—
4/10	Д10	УР	Установление режима
4/11	Д11	СП2	Символ пользователя

Окончание табл. 4.13

Позиции символов в кодовой таблице КОИ-7С	Символы		
	Обозначение		Наименование
	обобщенное	сокращенное	
4/12	Д12*	—	—
4/13	Д13*	—	—
4/14	Д14	НРВ	Начало ручного ввода
4/15	Д15	СП1	Символ пользователя 1
5/0	Д16*	—	—
5/1	Д17*	—	—
5/2	Д18	УУК	Управление указателем
5/3	Д19*	—	—
5/4	Д20	ВКП	Включение перфоратора
5/5	Д21	ОСУ	Останов считывающего устройства
5/6	Д22	ВП	Верхнее положение
5/7	Д23*	—	—
5/8	Д24*	—	—
5/9	Д25*	—	—
5/10	Д26*	—	—
5/11	Д27	СП3	Символ пользователя 3
5/12	Д28	ВЫП	Выключение перфоратора
5/13	Д29	ВСТ	Восстановление
5/14	Д30*	—	—
5/15	Д31*	—	—

* Резервная позиция.

Для вычислительных машин и абонентских пунктов (АП) * существуют два метода передачи информации — стартстопный и синхронный. Стартстопная асинхронная передача используется для передачи на низких скоростях между центральной вычислительной машиной и удаленными станциями различных типов. Синхронная связь используется для центральной и удаленной вычислительной машины и для АП с высокой скоростью передачи.

При стартстопном методе передачи значение восьмого бита соответствует проверке на четность, а при синхронном — проверке на нечетность [7].

При последовательной передаче биты кодовых комбинаций передаются в следующем порядке: $б_1 б_2 б_3 б_4 б_5 б_6 б_7$. Каждому управляющему символу из табл. 4.9, 4.10 соответствует одна кодовая комбинация; каждой кодовой комбинации колонок — 0 и 1, кодовым позициям 2/0 (пробел) и 7/15 (ЗБ) — управляющий символ, определяемый по этим таблицам [6,

* АП предназначен для обмена информацией по телефонным и телеграфным линиям связи.

7]. Каждому управляющему символу из табл. 4.14 соответствует последовательность двух семибитных кодовых комбинаций, первая из которых — код символа АР2 (0011011) — кодовая позиция 1/11 из табл. 4.9 или 4.10, а вторая — код соответствующего символа из табл. 4.11.

Пример. Управляющий символ ВП (включение перфоратора), имеющий в табл. 4.11 код 1010110, в семибитном коде кодируется следующей двухсимвольной последовательностью:

$$\underbrace{\begin{array}{cc} \text{АР2} & 5/6 \\ 0011011 & 1010110 \end{array}}_{\text{ВП}}$$

Для различия символов обоих регистров перед посылаемой информацией передается соответственно либо символ ЛАТ, либо РУС (в новом стандарте они заменены соответственно ВХ и ВЫХ).

Графические символы из табл. 4.9 и 4.10 кодируются следующим образом.

1. Если в последовательности кодируемых символов предшествующим символом был символ из той же таблицы, то каждый символ последовательности кодируется соответствующим собственным кодом. Например, НЗ — 0000001 — предшествующий из табл. 4.9; ЗВ — 0000111 — символ последовательности также из табл. 4.9.

2. Если в последовательности кодируемых символов осуществляется переход из табл. 4.9 в табл. 4.10 и наоборот, то первый символ другой таблицы кодируется последовательностью двух кодовых комбинаций, первая из которых представляет собой комбинацию вида 0001110 — ВЫХ (0001111 — ВХ), а вторая — кодовую комбинацию данного символа [7].

Пример.
П — 1110000 — из табл. 4.10,
ВХ — 0001111 — латинский регистр,
А — 1000001 — в табл. 4.9,
W — 1010111 — из табл. 4.9,
ВЫХ — 0001110 — русский регистр,
Ц — 1100011 — в табл. 4.10.

Определение графических символов производится в зависимости от того, какой из кодов двух управляющих символов ВЫХ или ВХ был последним среди предшествующих. Если последним был код ВХ (ВЫХ), то кодам из столбцов 2 — 7 соответствуют графические символы из табл. 4.9 и 4.10. Иными словами, в КОИ-7 для распознавания символов, имеющих одинаковые комбинации (табл. 4.9 и 4.10), служат специальные регистры.

После приема служебной комбинации 0001111 (ВХ) все последующие комбинации воспринимаются как относящиеся к табл. 4.10 (КОИ-7$Н_1$), после приема кодовой комбинации 0001110 (ВЫХ) — как относящиеся к табл. 4.9 (КОИ-7$Н_0$) [9]. Для увеличения быстродействия при передаче сообщений наиболее часто встречающиеся управляющие символы повторяются в обеих табл. 4.9 и 4.10.

Дополнительные управляющие символы табл. 4.11 (КОИ-7C_1) кодируются двухсимвольными комбинациями, в которых первым символом является (АР2) 0011011. Следует отметить, что использование регистров ВХ и ВЫХ и двухсимвольных кодовых комбинаций управляющих символов усложняет дешифрацию и замедляет передачу данных [9].

Управляющие символы ВК — возврат каретки и ПС — перевод строки (кодовые позиции 0/12 и 0/10 табл. 4.9 и 4.10) предназначены для печатающих устройств, в которых операции ВК и ПС разделены. Устройства с совмещенными операциями возврата каретки и перевода строки могут использовать управляющий символ НС (новая строка), включающий обе вышеупомянутые операции.

Хорошо согласованный с аппаратурой связи семибитный код является основным для аппаратуры передачи данных и устройств ввода-вывода абонентских пунктов. Однако необходимость посылать специальные символы, переключающие регистры, делает этот код неудобным для представления и произвольной обработки информации в вычислительных машинах. Поэтому для внутреннего представления в машинах используются восьмибитные коды; каждому символу полного алфавита ставится в соответствие восьмиразрядная машинная единица — байт [2]. Существует два восьмибитных кода: КОИ-8 и ДКОИ, которые будут рассмотрены далее.

4.4. ВОСЬМИБИТНЫЕ КОДЫ ДЛЯ ОБМЕНА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ КОИ-8 и ДКОИ

Двоичные восьмибитные коды для обмена и обработки информации (ГОСТ 19768—74) предназначены для представления алфавитно-цифровой информации в системах программного обеспечения, на входах и выходах электронных вычислительных машин, для носителей информации и устройств ввода-вывода, воспринимающих восьмибитный код [7].

В ГОСТ 19768—74 учтены требования международного стандарта ИСО МС 2022. Он полностью соответствует стандарту СЭВ 358—76 и устанавливает следующие восьмибитные коды: двоичный код для обмена и обработки информации ДКОИ; восьмибитный код для обмена и обработки информации КОИ-8. Обозначения, наименования и определения символов соответствуют ГОСТ 19767—74.

Код ДКОИ разработан на основе универсального международного кода EBCDIC (Exended Binary Decimal Fnterchange code) — расширенный двоично-кодированный десятичный код. Он содержит коды символов EBCDIC с добавлением букв русского алфавита, изображение которых не совпадает с латинским, и используется в качестве внутреннего кода вычислительной машины. В табл. 4.14 и 4.15 приведены коды ДКОИ и КОИ-8.

Выбор одной из двух кодовых таблиц определяется требованиями к программам и техническим средствам. Предусмотрены аппаратно-программные средства перекодирования данных в процессорах из КОИ-8 в ДКОИ и обратно. Структура кодовых таблиц ДКОИ и КОИ-8 представляет собой матрицу из 16 столбцов и 16 строк (256 кодовых позиций).

Таблица 4.14

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	1	0	0	1	1
3	0	1	0	1	0	1	0	1

Вектор-строки (цифра)

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	ПУС	АР1	ВЦФ	Д16	Пробел	&	–		ц	й	я	ь	{	}	\	0
1	НЗ	СУ1	НЗН	Д17			/		a	j	–	ы	A	J	Д31	1
2	НТ	СУ2	РП	СИН					b	к	s	з	B	K	S	2
3	КТ	СУ3	Д03	Д19					c	l	t	ш	C	L	T	3
4	ВЫП	ВСТ	БК	ВКП					d	m	u	э	D	M	U	4
5	ГТ	НС	ПС	ОСУ					e	n	v	щ	E	N	V	5
6	НП	ВШ	КБ	ВП				ю	f	o	w	ч	F	O	W	6
7		ОЖД	АР2	КП				а*	g	p	x	ъ	G	P	X	7
8	Д23	АН	Д08	Д24				б	h	q	y	Ю	H	Q	Y	8
9	Д13	КН	Д09	Д25				'	i	r	z	А*	I	R	Z	9
A	НРВ	УКК	УР	Д26	[	]	|	:	д	к	р*	Б	Х*	Н*	Т*	З
B	ВТ	СП1	СП2	СП3	.	¤	,	#	е*	л	с*	Ц	И	О*	У	Ш
C	ПФ	РФ	Д12	СТП	<	*	%	@	ф	м	т	Д	Й	П	Ж	Э
D	ВК	РГ	КТМ	НЕТ	(	)	–	'	г	н	у*	Е*	К*	Я	В*	Щ
E	ВЫХ	РЗ	ДА	Д30	+	;	>	=	х*	о*	ж	ф	Л	Р*	Ь	Ч
F	ВХ	РЭ	ЗВ	ЗМ	!	¬	?	"	и	п	в	Г	М*	С*	Ы	ЗБ

Вектор-столбцы (зона)

Примечания: 1) в кодовой позиции 5/F допускается знак „Λ" (стрелка вверх);
2) в кодовой позиции B/7 допускается прописная буква „Ъ";
3) Д03, Д08, Д09, Д12, Д13, Д16, Д17, Д19, Д23, Д24, Д25, Д30, Д31 – резервные позиции;
4) контуром выделены прописные и строчные латинские буквы.

Таблица 4.15

a_8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
a_7	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
a_6	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
a_5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

a_8	a_7	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	№	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
				0	0	0	0	0	ПУС	АР1	Пробел	0	@	P	`	p	ВЦФ	Д16			ю	п	Ю	П
				0	0	0	1	1	НЗ	СУ1	!	1	A	Q	a	q	НЗН	Д17			а*	я	А*	Я
				0	0	1	0	2	НТ	СУ2	"	2	B	R	b	r	РП	УУК			б	р*	Б	Р*
				0	0	1	1	3	КТ	СУ3	#	3	C	S	c	s	Д03	Д19			ц	с	Ц	С*
				0	1	0	0	4	КП	СТП	¤	4	D	T	d	t	БК	ВКП			д	т	Д	Т*
				0	1	0	1	5	КТМ	НЕТ	%	5	E	U	e	u	НС	ОСУ			е*	у*	Е*	У
				0	1	1	0	6	ДА	СИН	&	6	F	V	f	v	НП	ВП			ф	ж	Ф	Ж
				0	1	1	1	7	ЗВ	КБ	'	7	G	W	g	w	ОЖД	Д23			г	в	Г	В*
				1	0	0	0	8	ВШ	АН	(	8	H	X	h	x	Д08	Д24			х*	ь	Х*	Ь
				1	0	0	1	9	ГТ	КН	)	9	I	Y	i	y	Д09	Д25			и	ы	И	Ы
				1	0	1	0	10	ПС	ЗМ	*	:	J	Z	j	z	УР	Д26			й	з	Й	З
				1	0	1	1	11	ВТ	АР2	+	;	K	[	k	{	СП2	СП3			к	ш	К*	Ш
				1	1	0	0	12	ПФ	РФ	,	<	L	\	l	|	Д12	ВЫП			л	э	Л	Э
				1	1	0	1	13	ВК	РГ	–	=	M	]	m	}	Д13	ВСТ			м	щ	М*	Щ
				1	1	1	0	14	ВЫХ	РЗ	.	>	N	¬	n	~	НРВ	Д30			н	ч	Н*	Ч
				1	1	1	1	15	ВХ	РЭ	/	?	O	_	o		СП1	Д31			о*	ъ	О*	ЗБ

Примечания: 1) в кодовой позиции 05/14 допускается знак „Λ" (стрелка вверх);
2) в кодовой позиции 13/15 допускается прописная буква „Ъ";
3) контуром выделены прописные и строчные латинские буквы.

Таблицы используются для определения двоичного кода по заданному символу и для определения символа по заданному коду [3]. Для этого матрица снабжена вектором-строкой (биты 4, 5, 6, 7), содержащей коды цифровой части байта, и вектором-столбцом (биты 0, 1, 2, 3), содержащей коды зонной части байта.

Столбцы и строки пронумерованы: в таблице ДКОИ в шестнадцатеричной системе 0, 1, 2, . . . , 9, A, B, C, D, E, F; в таблице КОИ-8 — в десятичной системе от 00 до 15 и от 0 до 15 соответственно. Управляющий символ в кодовой позиции в таблицах указан в виде его условного обозначения, а графические символы -- в виде их изображений.

В кодовых таблицах ДКОИ и КОИ-8 русские прописные и строчные буквы А, В, Е, К, М, Н, О, Р, С, Т, Х, а, е, о, р, с, у, х, отмеченные звездочкой *, принимают коды соответствующих латинских и строчных букв A, B, E, K, M, H, O, P, C, T, X, a, e, o, p, c, y, x, если их шрифты визуально неотличимы.

Программисту при составлении программы необходимо различать одинаковые по написанию буквы латинского и русского алфавитов. Для этого в табл. 4.16 представлены прописные и строчные буквы и отдельно буквы, совпадающие и несовпадающие по написанию. Любая кодовая позиция таблиц определяется дробью, числителем которой является порядковый номер столбца, а знаменателем — порядковый номер строки. Любой символ таблицы определяется как дробным числом, так и кодовой комбинацией — кодом.

Таблица 4.16

№ п/п	Буквы латинского алфавита		Буквы русского алфавита		Совпадающие буквы		Несовпадающие буквы русского алфавита	
	прописные	строчные	прописные	строчные	прописные	строчные	прописные	строчные
1	A	a	А	а	А	а	Б	б
2	B	b	Б	б	В	—	Г	г
3	C	c	В	в	Е	е	Д	д
4	D	d	Г	г	К	к	Ж	ж
5	E	e	Д	д	М	—	З	з
6	F	f	Е	е	Н	—	И	и
7	G	g	Ж	ж	О	о	Й	й
8	H	h	З	з	Р	р	Л	л
9	I	i	И	и	С	с	П	п
10	J	j	Й	й	Т	—	У	у
11	K	k	К	к	Х	х	Ф	ф
12	L	l	Л	л			Ц	ц
13	M	m	М	м			Ч	ч
14	N	n	Н	н			Ш	ш
15	O	o	О	о			Щ	щ
16	P	p	П	п			Ь	ь
17	Q	q	Р	р			Ы	ы

Окончание табл. 4.16

№ п/п	Буквы латинского алфавита		Буквы русского алфавита		Совпадающие буквы		Несовпадающие буквы русского алфавита	
	прописные	строчные	прописные	строчные	прописные	строчные	прописные	строчные
18	R	r	С	с			Э	э
19	S	s	Т	т			Ю	ю
20	T	t	У	у			Я	я
21	U	u	Ф	ф				
22	V	v	Х	х				
23	W	w	Ц	ц				
24	X	x	Ч	ч				
25	У	y	Ш	ш				
26	Z	z	Щ	щ				
27			Ъ	ъ				
28			Ы	ы				
29			Э	э				
30			Ю	ю				
31			Я	я				

Например: кодовая позиция знака "; " (точка с запятой) в таблице ДКОИ — 5/Е. Кодовая комбинация — 0101 1110. Кодовая комбинация символа Б — 1011 1010, где символ Б лежит на пересечении зоны 1011 и цифры 1010. Кодовой комбинации 1111 1000 соответствует символ 8, который лежит на пересечении зоны 1111 с цифрой 1000.

В таблице КОИ-8 кодовая позиция знака "; " — 03/11. Кодовая комбинация — 0011 1011. В таблице ДКОИ биты кодовой комбинации обозначены последовательностью цифр 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, которые указывают порядковые номера битов в кодовой комбинации.

В кодовой таблице ДКОИ (табл. 4.13) символы определенного целевого назначения размещены группами по зонам. Для удобства указания двоичного номера зоны и двоичного номера любого из расположенных в группе символов кодирующий байт делится на две тетрады: зональную и цифровую.

Двоичные цифры в нулевом и первом разрядах кодирующего байта ДКОИ определяют зоны:

00 — служебные символы;

01 — графические знаки;

10 — строчные латинские и русские буквы;

11 — прописные латинские и русские буквы и цифры.

Необходимо отметить, что на зональную и цифровую тетрады разбиваются и кодирующие байты КОИ-8. При кодировании в КОИ-8 в зональной тетраде кодов десятичных цифр содержится двоичный код 0101, в цифровой — двоично-десятичные коды от 0000 до 1001.

Для обеспечения однозначного восприятия кодов символов в вычислительной машине в слове состояния программы (ССП) выделен специальный разряд (12-й), содержимое которого указывает, в каком коде представлена информация. Коду ДКОИ в 12-м разряде ССП соответствует 0, а коду КОИ-8 – 1 [2].

Код КОИ-8, представленный в табл. 4.16, строится на основе семибитного кода КОИ-7. В таблице биты кодовой комбинации обозначены последовательностью a_8; a_7; a_6; a_5; a_4; a_3; a_2; a_1, где строчная буква "а" с цифровым индексом указывает его порядковый номер и позицию в кодовой комбинации. Биты кодовых комбинаций a_8; a_7; a_6; a_5; a_4; a_3; a_2; a_1 для КОИ-8, и 0 1 2 3 4 5 6 7 для ДКОИ принимают веса $2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$.

Значение цифры в позиции a_8 зависит от того, какому регистру КОИ-7 соответствует столбец таблицы КОИ-8: если первому латинскому, то в 8-й позиции будет нуль, если второму русскому — единица.

К преимуществам КОИ-8, по сравнению с КОИ-7, следует отнести отсутствие разделения кодовой таблицы на два регистра и возможность кодирования большего (до 256) количества символов. Последнее объясняется тем, что при восьмибитном кодировании нет необходимости повторять 64 символа, как это имеет место для содержимого столбцов 0 – 4 таблицы КОИ-7 (табл. 4.9 и 4.10).

В коде ДКОИ знаки плюс и минус десятичных чисел кодируются соответственно как 1100 и 1101 (*C* и *D*), в КОИ-8 те же знаки изображаются кодами 1010 и 1011 (*A* и *B*).

Обозначения и наименования специальных знаков и их кодовые позиции в кодовых таблицах ДКОИ и КОИ-8 приведены в табл. 4.17; обозначения и наименования дополнительных управляющих символов и их обобщенные обозначения с цифровыми индексами — в табл. 4.18. Кодовые комбинации позиции 10/0 и 07/15 в таблице КОИ-8 и позиций 4/1 и 0/7 в таблице ДКОИ запрещается присваивать каким-либо символам (табл. 4.14 и 4.15).

Таблица 4.17

Кодовые позиции в таблице		Специальные символы	
ДКОИ	КОИ-8	обозначение	наименование
4/0	02/0		Пробел
4/F	02/1	!	Восклицательный знак
7/F	02/2	"	Кавычки
7/B	02/3	#	Номер
5/B	02/4	¤	Знак денежной единицы
6/C	02/5	%	Процент
5/0	02/6	&	Коммерческое И
7/D	02/7	'(')	Апостроф
4/D	02/8	(	Круглая скобка левая

Окончание табл. 4.17

Кодовые позиции в таблице		Специальные символы	
ДКОИ	КОИ-8	обозначение	наименование
5/D	02/9	)	Круглая скобка правая
5/C	02/10	*	Звездочка
4/E	02/11	+	Плюс
6/B	02/12	,	Запятая
6/0	02/13	—	Минус
4/B	02/14	.	Точка
6/1	02/15	/	Дробная черта
7/A	03/10	:	Двоеточие
5/E	03/11	;	Точка с запятой
4/C	03/12	<	Меньше
7/E	03/13	=	Равно
6/E	03/14	>	Больше
6/F	03/15	?	Вопросительный знак
7/C	04/0	@	Коммерческое ЭТ
4/A	05/11	[	Квадратная скобка левая
E/0	05/12	\	Обратная дробная черта
5/A	05/13	]	Квадратная скобка правая
5/F	05/14	¬ (∧)	Логическое НЕ стрелка вверх
6/D	05/15	_	Подчеркивание
7/9	06/0	`	Слабое ударение
C/0	07/11	{	Фигурная скобка левая
6/A	07/12	|	Вертикальная черта
D/0	07/13	}	Фигурная скобка правая
A/1	07/14	‾	Черта сверху

Таблица 4.18

Кодовые позиции в таблице		Обозначение символов		Наименование
ДКОИ	КОИ-8	обобщенное	сокращенное	
2/0	08/0	Д00	ВЦ0	Выбор цифры
2/1	08/1	Д01	НЗН	Начало значимости
2/2	08/2	Д02	РП	Разделитель полей
2/3	08/3	Д03*	—	
2/4	08/4	Д04	БК	Блокировка
1/5	08/5	Д05	НС	Новая строка
0/6	08/6	Д06	НП	Нижнее положение
1/7	08/7	Д07	ОЖД	Ожидание
2/8	08/8	Д08*	—	—
2/9	08/9	Д09*	—	—
2/A	08/10	Д10	УВ	Установка режима
2/B	08/11	Д11	СП2	Символ пользователя 2

Кодовые позиции в таблице		Обозначение символов		Наименование
ДКОИ	КОИ-8	обобщенное	сокращенное	
2/С	08/12	Д12*	—	—
0/9	08/13	Д13*	—	—
0/А	08/14	Д14	НРВ	Начало ручного ввода
1/В	08/15	Д15	СП1	Символ пользователя 1
3/0	09/0	Д16*	—	—
3/1	09/1	Д17*	—	—
1/А	09/2	Д18	УУК	Управление указателем
3/3	09/3	Д19*	—	—
3/4	09/4	Д20	ВКП	Включение перфоленты
3/5	09/5	Д21	ОСУ	Останов считывающего устройства
3/6	09/6	Д22	ВП	Верхнее положение
0/8	09/7	Д23*	—	—
3/8	09/8	Д24*	—	—
3/9	09/9	Д25*	—	—
3/А	09/10	Д26*	—	—
3/В	09/11	Д27	СП3	Символ пользователя 3
0/4	09/12	Д28	ВЫП	Выключение перфоратора
1/4	09/13	Д29	ВСТ	Восстановление
3/Е	09/14	Д30*	—	—
Е/1	09/15	Д31*	—	—

* Резервная позиция.

Для проверки информации, нанесенной на перфокарты (код КПК-12) существует таблица соответствия кода ДКОИ с кодом КПК-12 (табл. П3 приложения).

Сводные таблицы кодов КПК-12/ДКОИ, КПК-12/КОИ-8, КОИ-8/ДКОИ и ДКОИ/КОИ-8 приведены соответственно в табл. 4.19 — 4.22. В кодовых позициях сводных таблиц, например КОИ-8/ДКОИ (табл. 4.21), приведены дробные числа соответствующих кодовых позиций ДКОИ, а в кодовых позициях сводной таблицы ДКОИ/КОИ-8 — дробные числа соответствующих кодовых позиций КОИ-8 [7].

На практике программисту приходится работать с различными видами кодов. Для удобства работы в табл. 4.23 и 4.24 приведены обозначения и наименование специальных и рекомендуемых управляющих символов и их соответствие кодам КОИ-7, КОИ-8, ДКОИ и КПК-12.

Таблица 4.19

		12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	
	№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	0	5/0	6/0	F/0	4/0	C/0	6/A	D/0	7/0	4/9	5/9	6/9	7/9	8/0	9/0	A/0	B/0	8–1
1	1	C/1	D/1	6/1	F/1	8/1	9/1	A/1	B/1	0/1	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	E/1	7/1	9–1
2	2	C/2	D/2	E/2	F/2	8/2	9/2	A/2	B/2	0/2	1/2	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2	9–2
3	3	C/3	D/3	E/3	F/3	8/3	9/3	A/3	B/3	0/3	1/3	2/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	9–3
4	4	C/4	D/4	E/4	F/4	8/4	9/4	A/4	B/4	0/4	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	9–4
5	5	C/5	D/5	E/5	F/5	8/5	9/5	A/5	B/5	0/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	7/5	9–5
6	6	C/6	D/6	E/6	F/6	8/6	9/6	A/6	B/6	0/6	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	9–6
7	7	C/7	D/7	E/7	F/7	8/7	9/7	A/7	B/7	0/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	9–7
8	8	C/8	D/8	E/8	F/8	8/8	9/8	A/8	B/8	0/8	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	9–8
9	9	C/9	D/9	E/9	F/9	8/9	9/9	A/9	B/9	0/9	1/9	2/9	3/9	0/0	1/0	2/0	3/0	9–8–1
8–2	10	4/A	5/A	E/0	7/A	8/A	9/A	A/A	B/A	0/A	1/A	2/A	3/A	C/A	D/A	E/A	F/A	9–8–2
8–3	11	4/B	5/B	6/B	7/B	8/B	9/B	A/B	B/B	0/B	1/B	2/B	3/B	C/B	D/B	E/B	F/B	9–8–3
8–4	12	3/C	5/C	6/C	7/C	8/C	9/C	A/C	B/C	0/C	1/C	2/C	3/C	C/C	D/C	E/C	F/C	9–8–4
8–5	13	4/D	5/D	6/D	7/D	8/D	9/D	A/D	B/D	0/D	1/D	2/D	3/D	C/D	D/D	E/D	F/D	9–8–5
8–6	14	4/E	5/E	6/E	7/E	8/E	9/E	A/E	B/E	0/E	1/E	2/E	3/E	C/E	D/E	E/E	F/E	9–8–6
8–7	15	4/F	5/F	6/F	7/F	8/F	9/F	A/F	B/F	0/F	1/F	2/F	3/F	C/E	D/F	E/F	F/F	9–8–7

Таблица 4.20

		12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	12	11	0		12 0	12 11	11 0	12 11 0	
	№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	0	02/6	02/13	03/0	02/0	07/11	07/12	07/13	11/10	10/8	11/1	11/9	06/0	12/3	12/10	13/1	13/8	8–1
1	1	04/1	04/10	02/15	03/1	06/1	06/10	07/14	13/9	00/1	01/1	08/1	09/1	10/0	10/9	09/15	11/11	9–1
2	2	04/2	04/11	05/3	03/2	06/2	06/11	07/3	13/10	00/2	01/2	08/2	01/6	10/1	10/10	11/2	11/12	9–2
3	3	04/3	04/12	05/4	03/3	06/3	06/12	07/4	13/11	00/3	01/3	08/3	09/3	10/2	10/11	11/3	11/13	9–3
4	4	04/4	04/13	05/5	03/4	06/4	06/13	07/5	13/12	09/12	09/13	08/4	09/4	10/3	10/12	11/4	11/14	9–4
5	5	04/5	04/14	05/6	03/5	06/5	06/14	07/6	13/13	00/9	08/5	00/10	09/5	10/4	10/13	11/5	11/15	9–5
6	6	04/6	04/15	05/7	03/6	06/6	06/15	07/7	13/14	08/6	00/8	01/7	09/6	10/5	10/14	11/6	12/0	9–6
7	7	04/7	05/0	05/8	03/7	06/7	07/0	07/8	13/15	07/15	08/7	01/11	00/4	10/6	10/15	11/7	12/1	9–7
8	8	04/8	05/1	05/9	03/8	06/8	07/1	07/9	14/0	09/7	01/8	08/8	09/8	10/7	11/0	11/8	12/2	9–8
9	9	04/9	05/2	05/10	03/9	06/9	07/2	07/9	14/1	08/13	01/9	08/9	09/9	00/0	01/0	08/0	09/0	9–8–1
8–2	10	05/11	05/13	05/12	03/10	12/4	12/11	13/2	14/2	08/14	09/2	08/10	09/10	14/8	14/14	15/4	15/10	9–8–2
8–3	11	02/14	02/4	02/12	02/3	12/5	12/12	13/3	14/3	00/11	08/15	08/11	09/11	14/9	14/15	15/5	15/11	9–8–3
8–4	12	03/12	02/10	02/5	04/0	12/6	12/13	13/4	14/4	00/12	01/12	08/12	01/4	14/10	15/0	15/6	15/12	9–8–4
8–5	13	02/8	02/9	05/15	02/7	12/7	12/14	13/5	14/5	00/13	01/13	00/5	01/5	14/11	15/1	15/7	15/13	9–8–5
8–6	14	02/11	03/11	03/14	03/13	12/8	12/15	13/6	14/6	00/14	01/14	00/6	09/14	14/12	15/2	15/8	15/14	9–8–6
8–7	15	02/1	05/14	03/15	02/2	12/9	13/0	13/7	14/7	00/15	01/15	00/7	01/10	14/13	15/3	15/9	15/15	9–8–7

Таблица 4.21

a_8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
a_7	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
a_6	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
a_5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

a_8	a_7	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	№	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
				0	0	0	0	0	0/0	1/0	4/0	F/0	7/C	D/7	7/9	9/7	2/0	3/0	4/1	5/8	7/6	9/F	B/8	D/C
				0	0	0	1	1	0/1	1/1	4/F	F/1	C/1	D/8	8/1	9/8	2/1	3/1	4/2	5/9	7/7	A/0	B/9	D/D
				0	0	1	0	2	0/2	1/2	7/F	F/2	C/2	D/9	8/2	9/9	2/2	1/A	4/3	6/2	7/8	A/A	B/A	D/E
				0	0	1	1	3	0/3	1/3	7/8	F/3	C/3	E/2	8/3	A/2	2/3	3/3	4/4	6/3	8/0	A/B	B/B	D/F
				0	1	0	0	4	3/7	3/C	5/8	F/4	C/4	E/3	8/4	A/3	2/4	3/4	4/5	6/4	8/A	A/C	B/C	E/A
				0	1	0	1	5	2/D	3/D	6/C	F/5	C/5	E/4	8/5	A/4	1/5	3/5	4/6	6/5	8/B	A/D	B/D	E/B
				0	1	1	0	6	2/E	3/2	5/0	F/6	C/6	E/5	8/6	A/5	0/6	3/6	4/7	6/6	8/C	A/E	B/E	E/C
				0	1	1	1	7	2/F	2/6	7/D	F/7	C/7	E/6	8/7	A/6	1/7	0/8	4/8	6/7	8/D	A/F	B/F	E/D
				1	0	0	0	8	1/6	1/8	4/D	F/8	C/8	E/7	8/8	A/7	2/8	3/8	4/9	6/8	8/E	B/0	C/A	E/E
				1	0	0	1	9	0/5	1/9	5/D	F/9	C/9	E/8	8/9	A/8	2/9	3/9	5/1	6/9	8/F	B/1	C/B	E/F
				1	0	1	0	10	2/5	3/F	5/C	7/A	D/1	E/9	9/1	A/9	2/A	3/A	5/2	7/0	9/0	B/2	C/C	F/A
				1	0	1	1	11	0/B	2/7	4/E	5/E	D/2	4/A	9/2	C/0	2/B	3/B	5/3	7/1	9/A	B/3	C/D	E/8
				1	1	0	0	12	0/C	1/C	6/B	4/C	D/3	E/0	9/3	6/A	2/C	0/4	5/4	7/2	9/B	B/4	C/E	F/C
				1	1	0	1	13	0/D	1/D	6/0	7/E	D/4	5/A	9/4	D/0	0/9	1/4	5/5	7/3	9/C	B/5	C/F	F/D
				1	1	1	0	14	0/E	1/E	4/B	6/E	D/5	5/F	9/5	A/1	0/A	3/E	5/6	7/4	9/D	B/6	D/A	F/E
				1	1	1	1	15	0/F	1/F	6/1	6/F	D/6	6/D	9/6	0/7	1/B	E/1	5/7	7/5	9/E	B/7	D/B	F/F

Таблица 4.22

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

0	1	2	3	4	5	6	7	№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
				0	0	0	0	0	00/0	01/0	08/0	09/0	02/0	02/6	02/13	11/10	12/3	12/10	13/1	13/8	07/11	07/13	05/12	03/0
				0	0	0	1	1	00/1	01/1	08/1	09/1	10/0	10/9	02/15	11/11	06/1	06/10	07/14	13/9	04/1	04/10	09/15	03/1
				0	0	1	0	2	00/2	01/2	08/2	01/6	10/1	10/10	11/2	11/12	06/2	06/11	07/3	13/10	04/2	04/11	05/3	03/2
				0	0	1	1	3	00/3	01/3	08/3	09/3	10/2	10/11	11/3	11/13	06/3	06/12	07/4	13/11	04/3	04/12	05/4	03/3
				0	1	0	0	4	09/12	09/13	08/4	09/4	10/3	10/12	11/4	11/14	06/4	06/13	07/5	13/12	04/4	04/13	05/5	03/4
				0	1	0	1	5	00/9	08/5	00/10	09/5	10/4	10/13	11/5	11/15	06/5	06/14	07/6	13/13	04/5	04/14	05/6	03/5
				0	1	1	0	6	08/6	00/8	01/7	09/6	10/5	10/14	11/6	12/0	06/6	06/15	07/7	13/14	04/6	04/15	05/7	03/6
				0	1	1	1	7	07/15	08/7	01/11	00/4	10/6	10/15	11/7	12/1	06/7	07/0	07/8	13/15	04/7	05/0	05/8	03/7
				1	0	0	0	8	09/7	01/8	08/8	09/8	10/7	11/0	11/8	12/2	06/8	07/1	07/9	14/0	04/8	05/1	05/9	03/8
				1	0	0	1	9	08/13	01/9	08/9	09/9	10/8	11/1	11/9	06/0	06/9	07/2	07/10	14/1	04/9	05/2	05/10	03/9
				1	0	1	0	A	08/14	09/2	08/10	09/10	05/11	05/13	07/12	03/10	12/4	12/11	13/2	14/2	14/8	14/14	15/4	15/10
				1	0	1	1	B	00/11	08/15	08/11	09/11	02/14	02/4	02/12	02/3	12/5	12/12	13/3	14/3	14/9	14/15	15/5	15/11
				1	1	0	0	C	00/12	01/12	08/12	01/4	03/12	02/10	02/5	04/0	12/6	12/13	13/4	14/4	14/10	15/0	15/6	15/12
				1	1	0	1	D	00/13	01/13	00/5	01/5	02/8	02/9	05/15	02/7	12/7	12/14	13/5	14/5	14/11	15/1	15/7	15/13
				1	1	1	0	E	00/14	01/14	00/6	09/14	02/11	03/11	03/14	03/13	12/8	12/15	13/6	14/6	14/12	15/2	15/8	15/14
				1	1	1	1	F	00/15	01/15	00/6	01/10	02/1	05/14	03/15	02/2	12/9	13/0	13/7	14/7	14/13	15/3	15/9	15/15

Таблица 4.23

Код ДКОИ	Обозначение	Наименование	Позиции символов в кодовых таблицах			
			КОИ-7	КОИ-8	ДКОИ	КПК-12
40		Пробел	2/0	02/0	4/0	3/0
4F	!	Восклицательный знак	2/1	02/1	4/F	0/15
7F	"	Кавычки	2/2	02/2	7/F	3/15
7B	#	Номер	2/3	02/3	7/B	3/11
5B	¤	Знак денежной единицы	2/4	02/4	5/B	1/11
6C	%	Процент	2/5	02/5	6/C	2/12
50	&	Коммерческое И	2/6	02/6	5/0	0/0
7D	'(')	Апостроф	2/7	02/7	7/D	3/13
4D	(	Круглая скобка левая	2/8	02/8	4/D	0/13
5D	)	Круглая скобка правая	2/9	02/9	5/D	1/13
5C	*	Звездочка	2/10	02/10	5/C	1/12
4E	+	Плюс	2/11	02/11	4/E	0/14
6B	,	Запятая	2/12	02/12	6/B	2/11
60	—	Минус	2/13	02/13	6/0	1/0
4B	.	Точка	2/14	02/14	4/B	0/11
61	/	Дробная черта	2/15	02/15	6/1	2/1
7A	:	Двоеточие	3/10	03/10	7/A	3/10
5E	;	Точка с запятой	3/11	03/11	5/E	1/14
4C	<	Меньше	3/12	03/12	4/C	0/12
7E	=	Равно	3/13	03/13	7/E	3/14
6E	>	Больше	3/14	03/14	6/E	2/14
6F	?	Вопросительный знак	3/15	03/15	6/F	2/15
7C	@	Коммерческое ЭТ	4/0	04/40	7/C	3/12
4A	[	Квадратная скобка левая	5/11	05/11	4/A	0/10
E0	\	Обратная дробная черта	5/12	05/12	E/0	2/10
5A	]	Квадратная скобка правая	5/13	05/13	5/A	1/10
5F	¬	Логическое НЕ	5/14	05/14	5/F	1/15
6D	_	Подчеркивание	5/15	05/15	6/D	2/13
79	`	Слабое ударение	6/0	06/0	7/9	11/0
C0	{	Фигурная скобка левая	7/11	07/11	C/0	4/0
6A	|	Вертикальная черта	7/12	07/12	6/A	5/0
D0	}	Фигурная скобка правая	7/13	07/13	D/0	6/0
A1	‾	Черта сверху	7/14	07/14	A/1	6/1

Таблица 4.24

Обозначение		Наименование	Позиции символов в кодовых таблицах			
обобщенное	сокращенное		КОИ-7	КОИ-8	ДКОИ	КПК-12
Д00	ВЦФ	Выбор цифры	0/0	08/0	2/0	14/9
Д01	НЗН	Начало значимости	0/1	08/1	2/1	10/1
Д02	РП	Разделитель полей	0/2	08/2	2/2	10/2
Д03*	—	—	0/3	08/3	2/3	10/3
Д04	БК	Блокировка	0/4	08/4	2/4	10/4
Д05	НС	Новая строка	0/5	08/5	1/5	9/5
Д06	НП	Нижнее положение	0/6	08/6	0/8	8/6
Д07	ОЖД	Ожидание	0/7	08/7	1/7	9/7
Д08*	—	—	0/8	08/8	2/8	10/8
Д09*	—	—	0/9	08/9	2/9	10/9
Д10	УР	Установление режима	0/10	08/10	2/A	10/10
Д11	СП2	Символ пользователя 2	0/11	08/11	2/B	10/11
Д12*	—	—	0/12	08/12	2/C	10/12
Д13*	—	—	0/13	08/13	0/9	8/9
Д14	НРВ	Начало ручного ввода	0/14	08/14	0/A	8/10
Д15	СП1	Символ пользователя 1	0/15	08/15	1/B	9/11
Д16*	—	—	1/0	09/0	3/0	15/9
Д17*	—	—	1/1	09/1	3/1	11/1
Д18	УУК	Управление указателем	1/2	09/2	1/A	9/10
Д19*	—	—	1/3	09/3	3/3	11/3
Д20	ВКП	Включение перфоратора	1/4	09/4	3/4	11/4
Д21	ОСУ	Останов считывающего устройства	1/5	09/5	3/5	11/5
Д22	ВП	Верхнее положение	1/6	09/6	3/6	11/6
Д23*	—	—	1/7	09/7	0/8	8/8
Д24*	—	—	1/8	09/8	3/8	11/8
Д25*	—	—	1/9	09/9	3/9	11/9
Д26*	—	—	1/10	09/10	3/A	11/10
Д27	СП3	Символ пользователя 3	1/11	09/11	3/B	11/11
Д28	ВЫП	Выключение перфоратора	1/12	09/12	0/4	8/4
Д29	ВСТ	Восстановление	1/13	09/13	1/4	9/4
Д30*	—	—	1/14	09/14	3/E	11/14
Д31*	—	—	1/15	09/15	E/1	14/1

* Резервная позиция.

Таблица П1

Таблица степеней двойки

2^n	n	2^{-n}
1	0	1,0
2	1	0,5
4	2	0,25
8	3	0,125
16	4	0,062 5
32	5	0,031 25
64	6	0,015 625
128	7	0,007 812 5
256	8	0,003 906 25
512	9	0,001 953 125
1 024	10	0,000 976 562 5
2 048	11	0,000 488 281 25
4 096	12	0,000 244 140 625
8 192	13	0,000 122 070 312 5
16 384	14	0,000 061 035 156 25
32 768	15	0,000 030 517 578 125
65 536	16	0,000 015 258 789 062 5
131 072	17	0,000 007 629 394 531 25
262 144	18	0,000 003 814 697 265 625
524 288	19	0,000 001 907 348 632 812 5
1 048 576	20	0,000 000 953 674 316 406 25
2 097 152	21	0,000 000 476 837 158 203 125
4 194 304	22	0,000 000 238 418 597 101 562 5
8 388 608	23	0,000 000 119 209 289 550 781 25
16 777 216	24	0,000 000 059 604 644 775 390 625
33 554 432	25	0,000 000 029 802 322 387 695 312 5
67 108 864	26	0,000 000 014 901 161 193 847 656 25
134 217 728	27	0,000 000 007 450 580 596 923 828 125
268 435 456	28	0,000 000 003 725 290 298 461 914 062 5
536 870 912	29	0,000 000 001 862 645 149 230 957 031 25
1 073 741 824	30	0,000 000 000 931 322 574 615 478 515 625
2 147 483 648	31	0,000 000 000 465 661 287 307 739 257 812 5
4 294 967 296	32	0,000 000 000 232 830 643 653 869 628 906 25
8 589 934 592	33	0,000 000 000 116 415 321 826 934 814 453 125
17 179 869 184	34	0,000 000 000 058 207 660 913 467 407 226 562 5
34 359 738 368	35	0,000 000 000 029 103 830 456 733 703 613 281 25

Таблица П2

Таблица перевода шестнадцатеричных и десятичных чисел

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000	0000	0001	0002	0003	0004	0005	0006	0007	0008	0009	0010	0011	0012	0013	0014	0015
010	0016	0017	0018	0019	0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029	0030	0031
020	0032	0033	0034	0035	0036	0037	0038	0039	0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047
030	0048	0049	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063
040	0064	0065	0066	0067	0068	0069	0070	0071	0072	0073	0074	0075	0076	0077	0078	0079
050	0080	0081	0082	0083	0084	0085	0086	0087	0088	0089	0090	0091	0092	0093	0094	0095
060	0096	0097	0098	0099	0100	0101	0102	0103	0104	0105	0106	0107	0108	0109	0110	0111
070	0112	0113	0114	0115	0116	0117	0118	0119	0120	0121	0122	0123	0124	0125	0126	0127
080	0128	0129	0130	0131	0132	0133	0134	0135	0136	0137	0138	0139	0140	0141	0142	0143
090	0144	0145	0146	0147	0148	0149	0150	0151	0152	0153	0154	0155	0156	0157	0158	0159
0A0	0160	0161	0162	0163	0164	0165	0166	0167	0168	0169	0170	0171	0172	0173	0174	0175
0B0	0176	0177	0178	0179	0180	0181	0182	0183	0184	0185	0186	0187	0188	0189	0190	0191
0C0	0192	0193	0194	0195	0196	0197	0198	0199	0200	0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207
0D0	0208	0209	0210	0211	0212	0213	0214	0215	0216	0217	0218	0219	0220	0221	0222	0223
0E0	0224	0225	0226	0227	0228	0229	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0237	0238	0239
0F0	0240	0241	0242	0243	0244	0245	0246	0247	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0254	0255
100	0256	0257	0258	0259	0260	0261	0262	0263	0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271
110	0272	0273	0274	0275	0276	0277	0278	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287
120	0288	0289	0290	0291	0292	0293	0294	0295	0296	0297	0298	0299	0300	0301	0302	0303
130	0304	0305	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319
140	0320	0321	0322	0323	0324	0325	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0332	0333	0334	0335
150	0336	0337	0338	0339	0340	0341	0342	0343	0344	0345	0346	0347	0348	0349	0350	0351
160	0352	0353	0354	0355	0356	0357	0358	0359	0360	0361	0362	0363	0364	0365	0366	0367
170	0368	0369	0370	0371	0372	0373	0374	0375	0376	0377	0378	0379	0380	0381	0382	0383
180	0384	0385	0386	0387	0388	0389	0390	0391	0392	0393	0394	0395	0396	0397	0398	0399
190	0400	0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408	0409	0410	0411	0412	0413	0414	0415
1A0	0416	0417	0418	0419	0420	0421	0422	0423	0424	0425	0426	0427	0428	0429	0430	0431
1B0	0432	0433	0434	0435	0436	0437	0438	0439	0440	0441	0442	0443	0444	0445	0446	0447

1C0	0448	0449	0450	0451	0452	0453	0454	0455	0456	0457	0458	0459	0460	0461	0462	0463
1D0	0464	0465	0466	0467	0468	0469	0470	0471	0472	0473	0474	0475	0476	0477	0478	0479
1E0	0480	0481	0482	0483	0484	0485	0486	0487	0488	0489	0490	0491	0492	0493	0494	0495
1F0	0496	0497	0498	0499	0500	0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508	0509	0510	0511
200	0512	0513	0514	0515	0516	0517	0518	0519	0520	0521	0522	0523	0524	0525	0526	0527
210	0528	0529	0530	0531	0532	0533	0534	0535	0536	0537	0538	0539	0540	0541	0542	0543
220	0544	0545	0546	0547	0548	0549	0550	0551	0552	0553	0554	0555	0556	0557	0558	0559
230	0560	0561	0562	0563	0564	0565	0566	0567	0568	0569	0570	0571	0572	0573	0574	0575
240	0576	0577	0578	0579	0580	0581	0582	0583	0584	0585	0586	0587	0588	0589	0590	0591
250	0592	0593	0594	0595	0596	0597	0598	0599	0600	0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607
260	0608	0609	0610	0611	0612	0613	0614	0615	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622	0623
270	0624	0625	0626	0627	0628	0629	0630	0631	0632	0633	0634	0635	0636	0637	0638	0639
280	0640	0641	0642	0643	0644	0645	0646	0647	0648	0649	0650	0651	0652	0653	0654	0655
290	0656	0657	0658	0659	0660	0661	0662	0663	0664	0665	0666	0667	0668	0669	0670	0671
2A0	0672	0673	0674	0675	0676	0677	0678	0679	0680	0681	0682	0683	0684	0685	0686	0687
2B0	0688	0689	0690	0691	0692	0693	0694	0695	0696	0697	0698	0699	0700	0701	0702	0703
2C0	0704	0705	0706	0707	0708	0709	0710	0711	0712	0713	0714	0715	0716	0717	0718	0719
2D0	0720	0721	0722	0723	0724	0725	0726	0727	0728	0729	0730	0731	0732	0733	0734	0735
2E0	0736	0737	0738	0739	0740	0741	0742	0743	0744	0745	0746	0747	0748	0749	0750	0751
2F0	0752	0753	0754	0755	0756	0757	0758	0759	0760	0761	0762	0763	0764	0765	0766	0767
300	0768	0769	0770	0771	0772	0773	0774	0775	0776	0777	0778	0779	0780	0781	0782	0783
310	0784	0785	0786	0787	0788	0789	0790	0791	0792	0793	0794	0795	0796	0797	0798	0799
320	0800	0801	0802	0803	0804	0805	0806	0807	0808	0809	0810	0811	0812	0813	0814	0815
330	0816	0817	0818	0819	0820	0821	0822	0823	0824	0825	0826	0827	0828	0829	0830	0831
340	0832	0833	0834	0835	0836	0837	0838	0839	0840	0841	0842	0843	0844	0845	0846	0847
350	0848	0849	0850	0851	0852	0853	0854	0855	0856	0857	0858	0859	0860	0861	0862	0863
360	0864	0865	0866	0867	0868	0869	0870	0871	0872	0873	0874	0875	0876	0877	0878	0879
370	0880	0881	0882	0883	0884	0885	0886	0887	0888	0889	0890	0891	0892	0893	0894	0895
380	0896	0897	0898	0899	0900	0901	0902	0903	0904	0905	0906	0907	0908	0909	0910	0911
390	0912	0913	0914	0915	0916	0917	0918	0919	0920	0921	0922	0923	0924	0925	0926	0927
3A0	0928	0929	0930	0931	0932	0933	0934	0935	0936	0937	0938	0939	0940	0941	0942	0943
3B0	0944	0945	0946	0947	0948	0949	0950	0951	0952	0953	0954	0955	0956	0957	0958	0959

Продолжение табл. П2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
3C0	0960	0961	0962	0963	0964	0965	0966	0967	0968	0969	0970	0971	0972	0973	0974	0975
3D0	0976	0977	0978	0979	0980	0981	0982	0983	0984	0985	0986	0987	0988	0989	0990	0991
3E0	0992	0993	0994	0995	0996	0997	0998	0999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007
3F0	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023
400	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039
410	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055
420	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071
430	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087
440	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103
450	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119
460	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135
470	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151
480	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167
490	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183
4A0	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199
4B0	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215
4C0	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231
4D0	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247
4E0	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263
4F0	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279
500	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295
510	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311
520	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327
530	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343
540	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359
550	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375
560	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391
570	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407

580	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423
590	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439
5A0	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455
5B0	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471
5C0	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487
5D0	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503
5E0	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519
5F0	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535
600	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551
610	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567
620	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579	1580	1581	1582	1583
630	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599
640	1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615
650	1616	1617	1618	1619	1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631
660	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647
670	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657	1658	1659	1660	1661	1662	1663
680	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679
690	1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695
6A0	1696	1697	1698	1699	1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711
6B0	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726	1727
6C0	1728	1729	1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1737	1738	1739	1740	1741	1742	1743
6D0	1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757	1758	1759
6E0	1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775
6F0	1776	1777	1778	1779	1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791
700	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799	1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807
710	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	1821	1822	1823
720	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839
730	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855
740	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
750	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887

Продолжение табл. П2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
760	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903
770	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919
780	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
790	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951
7A0	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
7B0	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
7C0	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
7D0	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
7E0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
7F0	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
800	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063
810	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079
820	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095
830	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111
840	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127
850	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143
860	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159
870	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175
880	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191
890	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207
8A0	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223
8B0	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239
8C0	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255
8D0	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271
8E0	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287
8F0	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303
900	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319
910	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335

920	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351
930	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367
940	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383
950	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399
960	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415
970	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431
980	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447
990	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463
9A0	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479
9B0	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495
9C0	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511
9D0	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
9E0	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
9F0	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559
A00	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575
A10	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591
A20	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607
A30	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623
A40	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639
A50	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655
A60	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666	2667	2668	2669	2670	2671
A70	2672	2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679	2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686	2687
A80	2688	2689	2690	2691	2692	2693	2694	2695	2696	2697	2698	2699	2700	2701	2702	2703
A90	2704	2705	2706	2707	2708	2709	2710	1711	2712	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2719
AA0	2720	2721	2722	2723	2724	2725	2726	2727	2728	2729	2730	2731	2732	2733	2734	2735
AB0	2736	2737	2738	2739	2740	2741	2742	2743	2744	2745	2746	2747	2748	2749	2750	2751
AC0	2752	2753	2754	2755	2756	2757	2758	2759	2760	2761	2762	2763	2764	2765	2766	2767
AD0	2768	2769	2770	2771	2772	2773	2774	2775	2776	2777	2778	2779	2780	2781	2782	2783
AE0	2784	2785	2786	2787	2788	2789	2790	2791	2792	2793	2794	2795	2796	2797	2798	2799
AF0	2800	2801	2802	2803	2804	2805	2806	2807	2808	2809	2810	2811	2812	2813	2814	2815
B00	2816	2817	2818	2819	2820	2821	2822	2823	2824	2825	2826	2827	2828	2829	2830	2831
B10	2832	2833	2834	2835	2836	2837	2838	2839	2840	2841	2842	2843	2844	2845	2846	2847

Продолжение табл. П2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
B20	2848	2849	2850	2851	2852	2853	2854	2855	2856	2857	2858	2859	2860	2861	2862	2863
B30	2864	2865	2866	2867	2868	2869	2870	2871	2872	2873	2874	2875	2876	2877	2878	2879
B40	2880	2881	2882	2883	2884	2885	2886	2887	2888	2889	2890	2891	2892	2893	2894	2895
B50	2896	2897	2898	2899	2900	2901	2902	2903	2904	2905	2906	2907	2908	2909	2910	2911
B60	2912	2913	2914	2915	2916	2917	2918	2919	2920	2921	2922	2923	2924	2925	2926	2927
B70	2928	2929	2930	2931	2932	2933	2934	2935	2936	2937	2938	2939	2940	2941	2942	2943
B80	2944	2945	2946	2947	2948	2949	2950	2951	2952	2953	2954	2955	2956	2957	2958	2959
B90	2960	2961	2962	2963	2964	2965	2966	2967	2968	2969	2970	2971	2972	2973	2974	2975
BA0	2976	2977	2978	2979	2980	2981	2982	2983	2984	2985	2986	2987	2988	2989	2990	2991
BB0	2992	2993	2994	2995	2996	2997	2998	2999	3000	3001	3002	3003	3004	3005	3006	3007
BC0	3008	3009	3010	3011	3012	3013	3014	3015	3016	3017	3018	3019	3020	3021	3022	3023
BD0	3024	3025	3026	3027	3028	3029	3030	3031	3032	3033	3034	3035	3036	3037	3038	3039
BE0	3040	3041	3042	3043	3044	3045	3046	3047	3048	3049	3050	3051	3052	3053	3054	3055
BF0	3056	3057	3058	3059	3060	3061	3062	3063	3064	3065	3066	3067	3068	3069	3070	3071
C00	3072	3073	3074	3075	3076	3077	3078	3079	3080	3081	3082	3083	3084	3085	3086	3087
C10	3088	3089	3090	3091	3092	3093	3094	3095	3096	3097	3098	3099	3100	3101	3102	3103
C20	3104	3105	3106	3107	3108	3109	3110	3111	3112	3113	3114	3115	3116	3117	3118	3119
C30	3120	3121	3122	3123	3124	3125	3126	3127	3128	3129	3130	3131	3132	3133	3134	3135
C40	3136	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3144	3145	3146	3147	3148	3149	3150	3151
C50	3152	3153	3154	3155	3156	3157	3158	3159	3160	3161	3162	3163	3164	3165	3166	3167
C60	3168	3169	3170	3171	3172	3173	3174	3175	3176	3177	3178	3179	3180	3181	3182	3183
C70	3184	3185	3186	3187	3188	3189	3190	3191	3192	3193	3194	3195	3196	3197	3198	3199
C80	3200	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3207	3208	3209	3210	3211	3212	3213	3214	3215
C90	3216	3217	3218	3219	3220	3221	3222	3223	3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231
CA0	3232	3233	3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243	3244	3245	3246	3247
CB0	3248	3249	3250	3251	3252	3253	3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262	3263
CC0	3264	3265	3266	3267	3268	3269	3270	3271	3272	3273	3274	3275	3276	3277	3278	3279
CD0	3280	3281	3282	3283	3284	3285	3286	3287	3288	3289	3290	3291	3292	3293	3294	3295

CE0	3296	3297	3298	3299	3300	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3307	3308	3309	3310	3311
CF0	3312	3313	3314	3315	3316	3317	3318	3319	3320	3321	3322	3323	3324	3325	3326	3327
D00	3328	3329	3330	3331	3332	3333	3334	3335	3336	3337	3338	3339	3340	3341	3342	3343
D10	3344	3345	3346	3347	3348	3349	3350	3351	3352	3353	3354	3355	3356	3357	3358	3359
D20	3360	3361	3362	3363	3364	3365	3366	3367	3368	3369	3370	3371	3372	3373	3374	3375
D30	3376	3377	3378	3379	3380	3381	3382	3383	3384	3385	3386	3387	3388	3389	3390	3391
D40	3392	3393	3394	3395	3396	3397	3398	3399	3400	3401	3402	3403	3404	3405	3406	3407
D50	3408	3409	3410	3411	3412	3413	3414	3415	3416	3417	3418	3419	3420	3421	3422	3423
D60	3424	3425	3426	3427	3428	3429	3430	3431	3432	3433	3434	3435	3436	3437	3438	3439
D70	3440	3441	3442	3443	3444	3445	3446	3447	3448	3449	3450	3451	3452	3453	3454	3455
D80	3456	3457	3458	3459	3460	3461	3462	3463	3464	3465	3466	3467	3468	3469	3470	3471
D90	3472	3473	3474	3475	3476	3477	3478	3479	3480	3481	3482	3483	3484	3485	3486	3487
DA0	3488	3489	3490	3491	3492	3493	3494	3495	3496	3497	3498	3499	3500	3501	3502	3503
DB0	3504	3505	3506	3507	3508	3509	3510	3511	3512	3513	3514	3515	3516	3517	3518	3519
DC0	3520	3521	3522	3523	3524	3525	3526	3527	3528	3529	3530	3531	3532	3533	3534	3535
DD0	3536	3537	3538	3539	3540	3541	3542	3543	3544	3545	3546	3547	3548	3549	3550	3551
DE0	3552	3553	3554	3555	3556	3557	3558	3559	3560	3561	3562	3563	3564	3565	3566	3567
DF0	3568	3569	3570	3571	3572	3573	3574	3575	3576	3577	3578	3579	3580	3581	3582	3583
E00	3584	3585	3586	3587	3588	3589	3590	3591	3592	3593	3594	3595	3596	3597	3598	3599
E10	3600	3601	3602	3603	3604	3605	3606	3607	3608	3609	3610	3611	3612	3613	3614	3615
E20	3616	3617	3618	3619	3620	3621	3622	3623	3624	3625	3626	3627	3628	3629	3630	3631
E30	3632	3633	3634	3635	3636	3637	3638	3639	3640	3641	3642	3643	3644	3645	3646	3647
E40	3648	3649	3650	3651	3652	3653	3654	3655	3656	3657	3658	3659	3660	3661	3662	3663
E50	3664	3665	3666	3667	3668	3669	3670	3671	3672	3673	3674	3675	3676	3677	3678	3679
E60	3680	3681	3682	3683	3684	3685	3686	3687	3688	3689	3690	3691	3692	3693	3694	3695
E70	3696	3697	3698	3699	3700	3701	3702	3703	3704	3705	3706	3707	3708	3709	3710	3711
E80	3712	3713	3714	3715	3716	3717	3718	3719	3720	3721	3722	3723	3724	3725	3726	3727
E90	3728	3729	3730	3731	3732	3733	3734	3735	3736	3737	3738	3739	3740	3741	3742	3743
EA0	3744	3745	3746	3747	3748	3749	3750	3751	3752	3753	3754	3755	3756	3757	3758	3759
EB0	3760	3761	3762	3763	3764	3765	3766	3767	3768	3769	3770	3771	3772	3773	3774	3775
EC0	3776	3777	3778	3779	3780	3781	3782	3783	3784	3785	3786	3787	3788	3789	3790	3791

Окончание табл. П2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
ED0	3792	3793	3794	3795	3796	3797	3798	3799	3800	3801	3802	3803	3804	3805	3806	3807
EE0	3808	3809	3810	3811	3812	3813	3814	3815	3816	3817	3818	3819	3820	3821	3822	3823
EF0	3824	3825	3826	3827	3828	3829	3830	3831	3832	3833	3834	3835	3836	3837	3838	3839
F00	3840	3841	3842	3843	3844	3845	3846	3847	3848	3849	3850	3851	3852	3853	3854	3855
F10	3856	3857	3858	3859	3860	3861	3862	3863	3864	3865	3866	3867	3868	3869	3870	3871
F20	3872	3873	3874	3875	3876	3877	3878	3879	3880	3881	3882	3883	3884	3885	3886	3887
F30	3888	3889	3890	3891	3892	3893	3894	3895	3896	3897	3898	3899	3900	3901	3902	3903
F40	3904	3905	3906	3907	3908	3909	3910	3911	3912	3913	3914	3915	3916	3917	3918	3919
F50	3920	3921	3922	3923	3924	3925	3926	3927	3928	3929	3930	3931	3932	3933	3934	3935
F60	3936	3937	3938	3939	3940	3941	3942	3943	3944	3945	3946	3947	3948	3949	3950	3951
F70	3952	3953	3954	3955	3956	3957	3958	3959	3960	3961	3962	3963	3964	3965	3966	3967
F80	3968	3969	3970	3971	3972	3973	3974	3975	3976	3977	3978	3979	3980	3981	3982	3983
F90	3984	3985	3986	3987	3988	3989	3990	3991	3992	3993	3994	3995	3996	3997	3998	3999
FA0	4000	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	4008	4009	4010	4011	4012	4013	4014	4015
FB0	4016	4017	4018	4019	4020	4021	4022	4023	4024	4025	4026	4027	4028	4029	4030	4031
FC0	4032	4033	4034	4035	4036	4037	4038	4039	4040	4041	4042	4043	4044	4045	4046	4047
FD0	4048	4049	4050	4051	4052	4053	4054	4055	4056	4057	4058	4059	4060	4061	4062	4063
FE0	4064	4065	4066	4067	4068	4069	4070	4071	4072	4073	4074	4075	4076	4077	4078	4079
FF0	4080	4081	4082	4083	4084	4085	4086	4087	4088	4089	4090	4091	4092	4093	4094	4095

Примечание. Таблица позволяет непосредственно переводить шестнадцатеричные числа в десятичные (16 → 10) и наоборот (10 → 16) в диапазоне: 000 – $FFF_{(16)}$, 0000 – $4095_{(10)}$ [4].

Таблица П3

Соответствие кодов перфокарт внутренним кодам ЕС ЭВМ

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
00	ПУС	Пусто	12–0–1–8–9
01	НЗ	Начало заголовка	12–1–9
02	НТ	Начало текста	12–2–9
03	КТ	Конец текста	12–3–9
04	ВЫКЛ	Конец передачи	12–4–9
05	ГТ	Горизонтальная табуляция	12–5–9
06	НП	Нижнее положение	12–6–9
07	ЗБ	Забой	12–7–9
08	Д23	Резервная позиция	12–8–9
09	Д13	Резервная позиция	12–1–8–9
0A	НРВ	Начало ручного ввода	12–2–8–9
0B	ВТ	Вертикальная табуляция	12–3–8–9
0C	ПФ	Перевод формата	12–4–8–9
0D	ВК	Возврат каретки	12–5–8–9
0E	ВЫХ	Русский регистр	12–6–8–9
0F	ВХ	Латинский регистр	12–7–8–9
10	АР1	Авторегистр 1	12–11–8–9–1
11	СУ1	Символы управления	11–1–9
12	СУ2	Символы управления	11–2–9
13	СУ3	Символы управления	11–3–9
14	ВСТ	Восстановление	11–4–9
15	НС	Новая строка	11–5–9
16	ВШ	Возврат на шаг	11–6–9
17	ОЖД	Ожидание	11–7–9
18	АН	Аннулирование	11–8–9
19	КН	Конец носителя	11–1–8–9
1A	УУК	Управление указателем	11–2–8–9
1B	СП1	Символ пользователя	11–3–8–9
1C	РФ	Разделитель файлов	11–4–8–9
1D	РГ	Разделитель групп	11–5–8–9
1E	РЗ	Разделитель записей	11–6–8–9
1F	РЭ	Разделитель элементов	11–7–8–9
20	ВЦФ	Выбор цифры	11–0–1–8–9
21	НЗН	Начало значимости	10–1–9
22	Д02	Резервная позиция	0–2–9
23	Д03	Резервная позиция	0–3–9
24	БК	Блокировка	0–4–9
25	ПС	Перевод строки	0–5–9
26	КБ	Конец блока	0–6–9
27	АР2	Авторегистр 2	0–7–9
28	Д08	Резервная позиция	0–8–9
29	Д09	Резервная позиция	0–1–8–9
2A	УР	Установление режима	0–2–8–9

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
2B	СП2	Символ пользователя 2	0–3–8–9
2C	Д12	Резервная позиция	0–4–8–9
2D	КТМ	Кто там?	0–5–8–9
2E	ДА	Подтверждение	0–6–8–9
2F	ЗВ	Звонок	0–7–8–9
30	Д16	Резервная позиция	10–11–0–1–8–9
31	Д17	Резервная позиция	1–9
32	СИН	Синхронизация	2–9
33	Д19	Резервная позиция	3–9
34	ВКП	Включение перфоратора	4–9
35	ОСУ	Останов считывающего устройства	5–9
36	ВП	Выключение перфоратора	6–9
37	КП	Конец передачи	7–9
38	Д24	Резервная позиция	8–9
39	Д25	Резервная позиция	1–8–9
3A	Д26	Резервная позиция	2–8–9
3B	Д27	Резервная позиция	3–8–9
3C	СТП	Стоп	4–8–9
3D	НЕТ	Отрицание	5–8–9
3E	Д30	Резервная позиция	6–8–9
3F	ЗМ	Замена	7–8–9
40	␣	Пробел	Нет пробивок
41			12–0–1–9
42			12–0–2–9
43			12–0–3–9
44			12–0–4–9
45			12–0–5–9
46			12–0–6–9
47			12–0–7–9
48			12–0–8–9
49			12–1–8
4A	[	Квадратная скобка левая	12–2–8
4B	.	Точка	12–3–8
4C	<	Меньше	12–4–8
4D	(	Круглая скобка левая	12–5–8
4E	+	Плюс	12–6–8
4F	!	Восклицательный знак	12–7–8
50	&	Амперсанд (Коммерческое И)	12
51			12–11–1–9
52			12–11–2–9
53			12–11–3–9
54			12–11–4–9
55			12–11–5–9
56			12–11–6–9
57			12–11–7–9

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
58			12–11–8–9
59			11–1–8
5A	]	Квадратная скобка правая	11–2–8
5B	¤	Знак денежной единицы	11–3–8
5C	*	Звездочка	11–4–8
5D	)	Круглая скобка правая	11–5–8
5E	;	Точка с запятой	11–6–8
5F	¬	Логическое НЕ	11–7–8
60	–	Минус	11
61	/	Дробная черта	0–1
62			11–0–2–9
63			11–0–3–9
64			11–0–4–9
65			11–0–5–9
66			11–0–6–9
67			11–0–7–9
68			11–0–8–9
69			0–1–8
6A	|	Вертикальная черта	12–11
6B	,	Запятая	0–3–8
6C	%	Процент	0–4–8
6D	_	Подчеркивание	0–5–8
6E	>	Больше	0–6–8
6F	?	Вопросительный знак	0–7–8
70			12–11–0
71			12–11–0–1–9
72			12–11–0–2–9
73			12–11–0–3–9
74			12–11–0–4–9
75			12–11–0–5–9
76	ю	Строчная русская	12–11–0–6–9
77	а	Строчная русская	12–11–0–7–9
78	б	Строчная русская	12–11–0–8–9
79	`	Слабое ударение	1–8
7A	:	Двоеточие	2–8
7B	#	Номер	3–8
7C	@	Коммерческое ЭТ	4–8
7D	'(')	Апостроф	5–8
7E	=	Равно	6–8
7F	"	Кавычки	7–8
80	ц	Строчная русская	12–0–1–8
81	a	Строчная латинская	12–0–1
82	ь	Строчная латинская	12–0–2
83	c	Строчная латинская	12–0–3
84	d	Строчная латинская	12–0–4

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
85	e	Строчная латинская	12–0–5
86	f	Строчная латинская	12–0–6
87	g	Строчная латинская	12–0–7
88	h	Строчная латинская	12–0–8
89	i	Строчная латинская	12–0–9
8A	д	Строчная русская	12–0–2–8
8B	е*	Строчная русская	12–0–3–8
8C	ф	Строчная русская	12–0–4–8
8D	г	Строчная русская	12–0–5–8
8E	х*	Строчная русская	12–0–6–8
8F	и	Строчная русская	12–0–7–8
90	й	Строчная русская	12–11–1–8
91	j	Строчная латинская	12–11–1
92	k	Строчная латинская	12–11–2
93	l	Строчная латинская	12–11–3
94	m	Строчная латинская	12–11–4
95	n	Строчная латинская	12–11–5
96	o	Строчная латинская	12–11–6
97	p	Строчная латинская	12–11–7
98	q	Строчная латинская	12–11–8
99	ч	Строчная русская	12–11–9
9A	к	Строчная русская	12–11–2–8
9B	л	Строчная русская	12–11–3–8
9C	м	Строчная русская	11–11–4–8
9D	н	Строчная русская	12–11–5–8
9E	о*	Строчная русская	12–11–6–8
9F	п	Строчная русская	12–11–7–8
A0	я	Строчная русская	11–0–1–8
A1	‾	Надчеркивание	11–0–1
A2	s	Строчная латинская	11–0–2
A3	t	Строчная латинская	11–0–3
A4	и	Строчная латинская	11–0–4
A5	v	Строчная латинская	11–0–5
A6	w	Строчная латинская	11–0–6
A7	x	Строчная латинская	11–0–7
A8	y	Строчная латинская	11–0–8
A9	z	Строчная латинская	11–0–9
AA	р	Строчная русская	11–0–2–8
AB	с	Строчная латинская	11–0–3–8
AC	т	Строчная латинская	11–0–4–8
AD	у*	Строчная русская	11–0–5–8
AE	ж	Строчная русская	11–0–6–8
AF	в	Строчная русская	11–0–7–8
B0	ь	Строчная русская	12–11–0–1–8

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
B1	ы	Строчная русская	12–11–0–1
B2	з	Строчная русская	12–11–0–2
B3	ш	Строчная русская	12–11–0–3
B4	э	Строчная русская	12–11–0–4
B5	щ	Строчная русская	12–11–0–5
B6	ч	Строчная русская	12–11–0–6
B7	ъ	Строчная русская	12–11–0–7
B8	Ю	Русская прописная	12–11–0–8
B9	А*	Прописная русская	12–11–0–9
BA	Б	Прописная русская	12–11–0–2–8
BB	Ц	Прописная русская	12–11–0–3–8
BC	Д	Прописная русская	12–11–0–4–8
BD	Е*	Прописная русская	12–11–0–5–8
BE	Ф	Прописная русская	12–11–0–6–8
BF	Г	Прописная русская	12–11–0–7–8
C0	{	Фигурная скобка левая	12–0
C1	A	Прописная латинская	12–1
C2	B	Прописная латинская	12–2
C3	C	Прописная латинская	12–3
C4	D	Прописная латинская	12–4
C5	E	Прописная латинская	12–5
C6	F	Прописная латинская	12–6
C7	G	Прописная латинская	12–7
C8	H	Прописная латинская	12–8
C9	I	Прописная латинская	12–9
CA	Х*	Прописная русская	12–0–2–8–9
CB	Н	Прописная латинская	12–0–3–8–9
CC	Й	Прописная русская	12–0–4–8–9
CD	К*	Прописная русская	12–0–5–8–9
CE	Л	Прописная русская	12–0–6–8–9
CF	М*	Прописная русская	12–0–7–8–9
D0	}	Фигурная скобка правая	11–0
D1	J	Прописная латинская	11–1
D2	K	Прописная латинская	11–2
D3	L	Прописная латинская	11–3
D4	M	Прописная латинская	11–4
D5	И	Прописная латинская	11–5
D6	O	Прописная латинская	11–6
D7	P	Прописная латинская	11–7
D8	Q	Прописная латинская	11–8
D9	R	Прописная латинская	11–9
DA	Н*	Прописная русская	12–11–2–8–9
DB	О*	Прописная русская	12–11–3–8–9
DC	П	Прописная русская	12–11–4–8–9

Внутренний код ЕС ЭВМ	Обозначение	Наименование	Пробивки на на перфокартах
DD	Я	Прописная русская	12–11–5–8–9
DE	Р*	Прописная русская	12–11–6–8–9
DF	С*	Прописная русская	12–11–7–8–9
E0	\	Обратная дробная черта	0–2–8
E1	ДЗ1	Резервная позиция	11–0–1–9
E2	S	Прописная латинская	0–2
E3	T	Прописная латинская	0–3
E4	U	Прописная латинская	0–4
E5	V	Прописная латинская	0–5
E6	W	Прописная латинская	0–6
E7	X	Прописная латинская	0–7
E8	У	Прописная латинская	0–8
E9	Z	Прописная латинская	0–9
EA	Т*	Прописная русская	11–0–2–8–9
EB	У	Прописная русская	11–0–3–8–9
EC	Ж	Прописная русская	11–0–4–8–9
ED	В*	Прописная русская	11–0–5–8–9
EE	Ь	Прописная русская	11–0–6–8–9
EF	Ы	Прописная русская	11–0–7–8–9
F0	0	Нуль	0
F1	1	Единица	1
F2	2	Двойка	2
F3	3	Тройка	3
F4	4	Четверка	4
F5	5	Пятерка	5
F6	6	Шестерка	6
F7	7	Семерка	7
F8→	8	Восьмерка	8
F9	9	Девятка	9
FA	З	Прописная русская	12–11–0–2–8–9
FB	Ш	Прописная русская	12–11–0–3–8–9
FC	Э	Прописная русская	12–11–0–4–8–9
FD	Щ	Прописная русская	12–11–0–5–8–9
FE	Ч	Прописная русская	12–11–0–6–8–9
FF	ЗБ	Забой	12–11–0–7–8–9

Примечание: Знаком * отмечены русские прописные и строчные буквы А В Е К М Н О Р С Т Х а е о р с у х, вместо которых можно использовать латинские прописные и строчные буквы A B E K M H O P C T X a e o p c y x, если шифры их визуально не отличаются [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аладьев В. З., Осипов О. Б.** Введение в архитектуру моделей ЕС ЭВМ. — Таллин: Валгус, 1976. — 331 с.
2. **Дроздов Е. А., Комарницкий В. А., Пятибратов А. П.** Электронные вычислительные машины единой системы. — М.: Машиностроение, 1981. — 672 с.
3. **Гурова Л. И.** Основы программирования. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 232 с.
4. **Вычислительная** система IBM/360. Принципы работы: Пер. с англ./Под ред. В. С. Штаркмана. — М.: Сов. радио, 1969. — 440 с.
5. **Зайцева Ж. Н.** Программирование в ОС ЕС на базе языка ассемблера. — М.: Финансы и статистика, 1981. — 319 с.
6. **Машины** вычислительные, системы обработки и аппаратура передачи данных. ГОСТ 19767—74, ГОСТ 19769—74, ГОСТ 13052—74. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. — М. — 22 с.
7. **Система** документации единой системы ЭВМ./Под общей ред. А. М. Ларионова. — М.: Статистика, 1969. — 328 с.
8. **Вострикова З. П.** Программирование на языке ассемблера. — М.: Наука, 1981. — 304 с.
9. **Анисимов Б. В., Горнец Н. Н.** Системы ввода-вывода цифровых вычислительных машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 112 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава 1. Системы счисления 5

1.1. Позиционные системы счисления, применяемые в ЕС ЭВМ 5
1.2. Арифметические операции, выполняемые в позиционных системах счисления 9
1.3. Перевод целых и дробных чисел из одной системы счисления в другую. 13

Глава 2. Архитектура ЕС ЭВМ 23

2.1. Форматы представления информации 23
2.2. Структурная схема модели ЕС ЭВМ 24

Глава 3. Кодирование числовой информации 29

3.1. Представление чисел в ЕС ЭВМ 29
3.2. Представление отрицательных чисел 30
3.3. Признаки переполнения разрядной сетки 36
3.4. Представление чисел с фиксированной точкой. 38
3.5. Представление чисел с плавающей точкой 41
3.6. Представление десятичных чисел 46
3.7. Классификация информации и методы ее обработки. 50

Глава 4. Системы кодирования текстовой информации 54

4.1. Классификация символов 54
4.2. Код представления данных на перфокартах КПК-12 61
4.3. Семибитный код для обмена информацией КОИ-7 65
4.4. Восьмибитные коды для обмена и обработки информации КОИ-8 и ДКОИ 73

Приложение 87

Список литературы 103

Производственное издание

ВАДИМ ФЕДОРОВИЧ ЗАЙЦЕВ

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЕС ЭВМ

Заведующая редакцией Г. И. Козырева
Научный редактор Г. К. Гаврилов
Редактор издательства Т. М. Любимова
Художественный редактор Н. С. Шеин
Обложка художника Н. А. Игнатьева
Технический редактор Л. А. Горшкова
Корректор Т. В. Покатова

ИБ № 1352

Подписано в печать 8.07.86 Т-07576 Формат 60x90/16 Бумага офс. №1 Гарнитура "Универс" Печать офсетная Усл. печ. л. 6,5 Усл. кр.-отт. 6,875 Уч.-изд. л. 6,77 Тираж 15 000 экз. Изд. № 21451 Зак. № 5247 Цена 35 к.
Издательство "Радио и связь". 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО "Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова" Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054, Москва, Валовая, 28

Многообразие форм представления данных
в вычислительной машине часто ставит
в затруднение разработчика программ,
которому для решения простых задач
ввода данных в машину приходится обращаться
к обширному перечню публикаций
и рабочей документации.
В предлагаемой книге эти сведения собраны воедино
и представлены в виде, удобном
для практической работы пользователей ЕС ЭВМ
на различных уровнях программирования.

„РАДИО И СВЯЗЬ"